Ueber die galvanische Kohlenzinkkette und einige mit derselben angestellte Beobachtungen.

INAUGURAL - DISSERTATION,

welche
mit Genehmigung der philosophischen Facultät zu Marburg zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde und zur Habilitation
einreicht

Wilhelm Theodor Casselmann.

MARBURG
1843.

Cassel,
Druck von Theodor Fischer.



Vor etwa zwei Jahren hat Herr Professor Bunsen eine neue galvanische Combination beschrieben, die sich darauf gründet, dass als negativer Erreger, statt des bisher üblichen Platins oder Kupfers, eine zweckmässig bearbeitete Kohle benutzt wird. Nachdem er selbst mit diesem Instrumente verschiedene Versuche angestellt hatte, war er so gütig, mir es zu überlassen, dasselbe nach Mass und Zahl mit andern ähnlichen zu vergleichen, und mir dazu die Benutzung der Instrumente des hiesigen chemischen Laboratoriums unter seiner Leitung zu gestatten.

Zugleich bin ich bei der Ausführung dieser Untersuchung durch Rath und That von Herrn Professor Gerling unterstützt worden, dessen zuvorkommender Güte ich die Mittel zur Bestimmung der magnetischen Intensität des Beobachtungsortes verdanke.

Die ersten Notizen über die Zinkkohlenbattrie finden sich: Poggendorff's Annalen der

Physik und Chemie: LIV pag. 417; von einem Zusatze des Herrn Herausgebers dieser Zeitschrift begleitet. Eine zweite Abhandlung *), welche sich namentlich auch über die Zubereitung der Kohlen erstreckt, beschreibt das schon in einigen Stücken verbesserte Instrument etwas ausführlicher. Die erste jener Abhandlungen glaube ich hier ganz übergehen zu dürfen, da sie einestheils nur Bruchstücke einer brieflichen Mittheilung enthält und anderntheils die Zweifel, welche der erwähnte Zusatz aufwirft, durch die zweite schon vollständig beseitigt sind. Die in dieser letzten beschriebene Einrichtung des Instruments hat jedoch Herr Professor Bunsen seitdem noch wesentlich vervollkommnet, namentlich dadurch, dass er die Platinbleche mit Messingklammern entfernte, weil sie zu kostspielig sind, und einen zu grossen Leitungswiderstand leisten, und statt ihrer eine einfachere, besser leitende Verbindung der einzelnen Elemente anbrachte.

In ihrer jetzigen Gestalt wird die Kohlenzinkbattrie jedem andern ähnlichen Apparate an die Seite gestellt werden müssen, und namentlich der Platinzinkbattrie ihrer grössern Einfachheit wegen vorzuziehen sein, zumal da sie selbst in kleinerer Form allen zu wissenschaftlichen Un-

*) l. c. LV., p. 265.

tersuchungen erforderlichen Bedingungen vollkommen entspricht.

Obgleich schon an dem erwähnten Orte das Verfahren der Kohlenbereitung im Allgemeinen beschrieben ist, so wird es doch nicht überflüssig sein, hier noch einmal auf eine genauere Auseinandersetzung desselben zurückzukommen.

An diese Gegenstände habe ich noch einige Untersuchungen über den galvanischen Flammenbogen und das electrochemische Aequivalent des Wassers angeknüpft, und dabei als Hülfsmittel die Kohlenzinkbattrie benutzt.

Beschreibung der Kohlenzinkbattrie.

Der in Rede stehende Apparat besteht im Wesentlichen aus Kohle als negativem und Zink als positivem Erreger; beide haben am zweckmässigsten cylindrische Form, stehen in einem Becherglase, und werden durch eine poröse Thonzelle geschieden. Die Kohle (S T und X Y Fig. I) ist bis etwa an Q R mit Salpetersäure umgeben, die Thonzelle (U V u. E F) bis an den Rand M des amalgamirten, mit einem Ausläufer O P versehenen Zinkcylinders M N, mit verdünnter Schwefelsäure erfüllt. Den Rand S W der Kohle umgibt ein Zinkring K L, welcher, wenn eine einfache Kette construirt werden soll, einen Ausläufer (M N Fig. II.) trägt, und mittels dieses mit dem ersten Ausläufer O P metallisch verbunden wird. Sollen jedoch mehrere Paare zu einer Säule combinirt werden, so muss der Ring K L (Fig I.) mittels eines zinkenen Zwischenstücks I mit einem amalgamirten Zinkcylinder G H in Verbindung sein, welcher in die mit Schwefelsäure erfüllte Thonzelle E F des folgenden Paares eintaucht. Auf diese Art wird dann dies negative Element eines jeden Paares mit dem positiven des folgenden verbunden, und es trägt nur der Zinkring C D am negativen Pole X Y

einen Ausläufer A B, durch dessen Verbindung mit O P die Schliessung bewirkt wird.

Als äussere Hüllen der Elemente dienen Gläser mit gut abgeschlliffenen Rändern von der Form Fig. III. mit folgenden Grössenverhältnissen im Millimetermasse: a b = 76, c b = 98 bis 100, e d = 68, d b = 108 bis 110, d f = 1,5 bis 2. *)

Zur Verfertigung des Kohlencylinders dienen wohlausgeglühte Coaks und Steinkohle als Material, von denen die letztere die Rolle des Bindemittels zwischen den einzelnen im Feuer für sich unveränderlichen Theilen der Coaks übernimmt. Beide werden feingepulvert, durchgesiebt, und in einem bestimmten, von der Natur der Steinkohle abhängigen Verhältnisse gemengt. Die im hiesigen Laboratorium angewandten Steinkohlen, von welchen dem Gewichte nach 1 Theil auf 2 Theil Coaks genommen wird, werden zu Obernkirchen (Grafschaft Schaumburg) aus der Wälderthonformation (weald-clay) gebrochen. Ihre Analyse lieferte folgendes Resultat.

0,1382 grm. mit chromsauerm Bleioxyd verbrannt, gaben 0,4475 grm. Kohlensäure, und 0,0595 grm. Wasser;

---

*) Bekanntlich vermindert jede Vergrösserung des Querdurchschnitts der leitenden Flüssigkeit in einer Kette den Leitungswiderstand, und steigert dadurch die Stromstärke. Ein solcher Apparat muss daher, bei sonst gleichen Umständen eine um so stärkere Wirksamkeit zeigen, je grösser die in die Flüssigkeiten tauchenden Erreger sind. Nach der Grösse dieser muss sich aber die Grösse des ganzen Instruments richten. Um jedoch eine Kette zu construiren, welche eine für alle Fälle ausreichende Stärke besitzt, braucht man den einzelnen Theilen nur diejenigen Dimensionen zu geben, welche ich hier anführe, und welche die des von mir benutzten des hiesigen chemischen Instituts besassen.

0,2207 grm. mit chlorsaurem Kali verpufft, lieferten nach Auflösen in Wasser mit Chlorbarium versetzt 0,0231 grm. schwefelsaure Baryterde. Das Verpuffen geschah, indem kleine Portionen des Gemenges mit einem Platinlöffel in einem glühenden Porzellantiegel eingetragen wurden.

0,6364 grm. mit Natronkalk verbrannt, gaben 0,1740 Platinsalmiak.

2,8005 grm. geglüht, verloren 1,7180 grm. an Gewicht.

0,7430 grm. geglühter Substanz, im Sauerstoffstrom verbrannt, hinterliessen 0,0223 grm. Asche, welche grösstentheils Eisenoxyd war.

Diese Bestimmungen wurden mit Quantitäten vorgenommen, welche sämmtlich vorher im Wasserbade getrocknet waren.

2,8365 grm. lufttrockner Substanz verloren während des Trocknens bei 100° 0,0360 grm. an Gewicht.

Die rohe Steinkohle enthält also im lufttrocknen Zustande 1,26 pCt. Feuchtigkeit und besteht nach dem Trocknen bei 100° in 100 Theilen aus

C = 89,53 *)
H = 4,78
S = 1,44
N = 1,73
O = 1,36
Asche = 1,16

100,00

*) Man sieht, dass die Kohle genau 2 Atome Wasserstoff auf 3 Atome Kohlenstoff enthält, denn berechnet man die Procente derselben nah dieser Annahme, so ergibt sich:

C = 89,44
H = 4,87

Zum Glühen des Gemenges von Steinkohle und Coaks werden Cylinder von Schwarzblech als Formen angewandt (Fig. IV.), welche keinen festen Boden besitzen, und deren Wand der Länge nach durchschnitten und nach Aussen umgebogen ist, von etwa 0,5^{mm} Dicke, 140^{mm} Höhe und 72^{mm} innerm Durchmesser. Nachdem das untere Ende eines solchen Cylinders, durch ein aufgesetztes, kreisförmiges Blech, mit umgebogenem Rande, welcher schon an und für sich gut an der äussern Wandung anliegt, verschlossen, und die Ausbiegungen mit Klammern aneinander gepresst worden sind, setzt man in dessen Mitte eine cylindrische, am einen Ende verschlossene Pappzelle von etwa 40^{mm} Durchmesser und 140^{mm} Höhe mit dem offenen Ende nach Unten ein, bringt soviel des gemengten Kohlenpulvers in den Raum zwischen Pappzelle und Blechkasten, als hinreicht, um ihn bei leisem Anklopfen an die Wände bis zum obersten Rand anzufüllen, verschliesst das obere Ende der Form ebenfalls durch einen aufgesetzten Blechdeckel, bestreicht alle Ränder mit Lehm, und erhält die Kohle auf diese Art in einer Umhüllung, gleichsam einer Patrone, welche ihrer starken Ausdehnung durch die Hitze nach Innen willig nachgibt. Mehre solcher Vorrichtungen werden nun auf einmal in einem Ofen (Fig. V.) bis zum Rothglühen zwischen Holzkohlen erhitzt, wobei viel Kohlenwasserstoffgas entweicht und verbrennt, dessen Ausbleiben als Zeichen für die Beendigung der Operation betrachtet werden kann. Diese pflegt ungefähr Dreiviertelstunden zu dauern. Nach dem Erkalten lässt sich die zu Cylindern zusammengefrittete Kohlenmasse mit der grössten Leichtigkeit aus der Blechrolle herausnehmen, und verbreitet dabei gewöhnlich einen starken Geruch nach schweflicher Säure. Diese Cylinder haben, wenn das Gemenge das richtige war, eine graue, poröse, homo-

gene Beschaffenheit, und sind schon dann von solcher Festigkeit, dass man sie in senkrechter Stellung, ohne ein Zerbrechen fürchten zu müssen, mit einem bedeutenden Gewichte belasten kann. Ein gänzlich unbrauchbares Produkt wird jedoch erzielt *), sowohl wenn das Gemenge zu viel oder zu fette, d. h. an Wasserstoff reiche, als auch, wenn es zu wenig oder zu magere, d. h. an Wasserstoff arme Steinkohle enthält. Im erstern Falle zerspringen die Cylinder meistens schon während des Glühens, im letztern wird ihre Masse locker und zerreiblich. Ist indessen einmal das richtige Verhältniss ermittelt, so ist ein weiteres Misslingen der Operation nicht zu befürchten.

Diese Kohlencylinder werden nun vom Drechsler folgendermassen verarbeitet **). In eine auf die Spindel der Drehbank concentrisch fest aufgeschraubte, hölzerne Patrone a b (Fig. VI), die ihrer Länge nach bis c mehremal durchschnitten ist, wird bei b die Kohle hineingeschoben, und nachdem sie darin durch einen Blechring e d fest eingeklemmt ist, im Innern ihrer ganzen Länge nach, und aussen bis auf etwa $^3/_4$ bis 1 Zoll vom obern Rande mit einem Holzmeissel so weit abgedreht, dass am untern Ende ihre Dicke etwa 5 bis 6^{mm} beträgt. Alsdann wird das entgegengesetzte Ende der Kohle in dem Holzcylinder befestigt, und der bis dahin unverändert gebliebene Rand etwas konisch, nach oben zulaufend, abgedreht; bis jetzt die erforderliche Form (Fig. VII) erreicht ist, an welcher sich natürlich alle Dimensionen nach denen des oben beschriebenen

---

*) Poggendorff's Annalen. LV., p. 265.

**) Die bei dieser Verarbeitung abfallenden Drehspähne können statt der Coaks wieder zur Verfertigung neuer Cylinder benutzt werden.

Glases, in welches die Kohle hineingestellt werden soll, richten müssen. Namentlich aber muss a c (Fig. VII) = d b (Fig. III) = 108 bis 110^{mm}; c f (Fig VII) = d f (Fig. III) = 1 bis 2^{mm}, und a b (Fig. VII) = e d (Fig. III) = 68^{mm} sein. Ist dieser letzte Umstand gehörig beachtet, so entwickelt sich während der Thätigkeit der Kette zwischen Glas und Kohle kein bemerkbares Quantum salpetriger Säure, sondern dieselbe wird ganz von der Salpetersäure verschluckt, wenn diese kein höheres specifisches Gewicht als 1,347 bebesitzt und ein einigermassen erheblicher Leitungswiderstand in der Kette Statt findet.

Die Cylinder werden dann in Zucker- oder Syruplösung, wozu man die schlechtesten Arten dieser Substanzen verwenden kann, eingetaucht, und nachdem sie wieder getrocknet worden sind, zwischen Holzkohlenpulver in einem fest zugekitteten, feuerfesten Tiegel 28 bis 30 Stunden lang einer starken Weissgluht ausge setzt, wobei sich der Kohlenstoffgehalt des Zuckers in den einzelnen Zwischenräumen der Cylindermasse ablagert, und derselben eine noch weit grössere Festigkeit verleiht. Bei den hier zubereiteten Kohlen geschieht diese letzte Operation in einem Graphittiegel, auf dem ein Thondeckel aufgekittet ist, in einem Töpferofen, mitten zwischen den Töpferwaaren.

Um die Cylinder nun zum Gebrauche vollkommen tauglich zu machen, braucht man in sie nur noch mit einer gewöhnlichen Korkfeile mehre Löcher zu bohren (e Fig. VII) und zwar von oben nach unten, von deren Nothwendigkeit sogleich weiter die Rede sein soll, und ihren obern Rand, um ihn vor dem Eindringen von Salpetersäure zu schützen, nach vorhergegangener Erhitzung in geschmolzenes Wachs einzutauchen.

Will man einen Apparat vielleicht öfter hinter einander benutzen, ohne ein Maximum seiner Wirkung nöthig

zu haben, welches nur bei den wenigsten Experimenten der Fall ist, so braucht man ihn nicht jedesmal vollständig auseinander zu nehmen, sondern kann die Kohlen, unbeschadet ihrer Güte in den Gläsern mit Salpetersäure stehen lassen, und hat dann nur nöthig, um das Verflüchtigen der Säure und die Verdünnung derselben durch Wasseranziehung zu verhindern, den obern Kohlenrand mit einer Glasscheibe zu bedecken. Ich habe auf diese Weise die Kohlen eines vierzelligen Apparats, zwei Monate lang, während ich sie alle Tage gebrauchte, nach jedesmaliger Benutzung in den Gläsern mit Salpetersäure, die oft erneuert wurde, stehen lassen, ohne dass sie nur den geringsten Theil ihrer electromotorischen Kraft eingebüsst hatten. So oft man freilich das Maximum der Stromstärke zu bewirken beabsichtigt, muss man ganz frische Kohlencylinder anwenden, weil die schon benutzten sich mit verdünnter Salpetersäure getränkt haben, und diese den Strom etwas schwächen würde. Da man aber bei den Experimenten, zu denen ein Maximum der Stromstärke erforderlich, nur wenige, meistens nur 2 Paare, ja oft nur eins nöthig hat, so kann man für diesen Fall, wegen der grossen Wohlfeilheit der Kohlencylinder, deren einige wenige frische stets in Vorrath haben. Auch kann man schon gebrauchte Kohlencylindnr durch Auslaugen mit Wasser und Trocknen wieder vollkommen auffrischen.

Die die Säuern scheidenden Zellen bestehen aus unglasirter, verglühter Porzellanmasse, haben genau cylindrische Gestalt, und ungefähr 100^{mm} Höhe, 55 bis 57^{mm} äussern Durchmesser, und 1 bis 1,5^{mm} Dicke. Die Durchdringung der Säuern durch ihre Wandung ist wechselseitig. Hat die Kette einige Zeit agirt, so findet man in der Schwefelsäure ebensowohl Salpetersäure, als in der Salpetersäure schwefelsaures Zink-

oxyd. Es kann daher für die Stärke der Kette höchstens zu Anfang ihrer Thätigkeit einen Unterschied machen, ob man beim Zusammensetzen derselben die Thonzelle sich erst mit Salpertersäure, dem bessern, oder Schwefelsäure, dem schlechtern Leiter inbibiren lässt; hat die Kette einige Zeit susammengestanden, so wird in der Wandung der Zelle Salpetersäure mit Schwefelsäure gemischt sein. Weil aber eben zu Anfang der Action, wie ich später noch zeigen werde, mehrerlei, zum Theil zufällige, Umstände ein Schwanken der Stromstärke erzeugen, so kann jener Unterschied keine Berüchsichtigung verdienen.

Sind die angegebenen Dimensionen gehörig gewahrt und die oben angeführten Löcher in der Kohle gut angebracht, ist also der Raum zwischen Thonzelle und Kohle a b (Fig. VIII) sehr enge, etwa 1 ^{mm} weit, so wird die in ihm befindliche Salpetersäure durch den Strom zwar eine rasche Zersetzung erfahren, allein das gebildete Stickstoffoxyd wird durch die Löcher in der Kohle c d in die äussere Salpetersäure steigen, von dieser verschluckt und zu salpetriger Säure oxydirt werden. Die Zersetzung ist zugleich von einer Erhitzung begleitet, wodurch die Flüssigkeit in a b wärmer, also specifisch leichter wird, als die in e f. Diese letztere muss dann natürlich in den innern Raum a b hinabsinken, so dass ein steter Wechsel in der Flüssigkeit statt hat, und der leitende Theil derselben stets eine Regeneration erfährt. Es kann dann auch nur ein höchst geringes Quantum salpetriger Säure bei a entweichen. Ist der Raum zwischen Thonzelle und Kohle weiter, (nur etwa 4 ^{mm} weit) so nimmt dieses entweichende Gasquantum zu, der Strom wird zwar beständiger, aber auch schwächer, weil die Flüssigkeitsschicht eine bedeutendere Dicke besitzt. Die Belege hierzu werde ich weiter unten anführen.

Die Thonzellen, welche zu dem von mir benutzten

Apparate gehören, sind aus Berlin bezogen; es wiegt eine solche ungefähr 77,7 grm. und nimmt 18,5 grm. Salpetersäure durch Aufsaugen in ihre Poren auf. Ausser diesen habe ich noch eine andere Art solcher Zellen untersucht, welche aus einer ähnlichen Masse in einer baierischen Fabrik verfertigt werden. Eine solche hatte eine Höhe von 102^{mm}, einen äussern Durchmesser von 51^{mm} und eine Dicke von 1,5^{mm}; sie wog 76,5 grm. und nahm nur 14,5 grm. Salpetersäure in sich auf. Diese musste natürlich, da sie weniger vom flüssigen Leiter in sich aufzusaugen vermochte, einen grössern Widerstand in der Kette und einen schwächern Strom bedingen, als die Berliner. Fast ist es überflüssig zu bemerken, dass nach jedem Gebrauche die Thonzellen einige Stunden lang in Wasser gelegt werden müssen, damit das in sie aufgesaugte schwefelsaure Zinkoxyd ausgewaschen wird. Versäumt man dies, so efflorescirt letzteres beim Trocknen, und zersprengt gemeiniglich die sehr zerbrechlichen Zellen.

Wie lange und wie oft man beide Säuern anwenden kann, hängt natürlich von ihrer Stärke sowohl, als auch von der Stärke des Stromes und der Zeit ab, während welcher letzterer auf sie schon gewirkt hat. Die gewöhnliche käufliche Salpetersäure, wenn sie nicht zu schwach ist, etwa ein specifisches Gewicht von 1,347 (= 47,8 Theilen conc. Säure auf 52,2 Theile Wasser) hat, mit Schwefelsäure von 1,095 specif. Gew. (= 14 Th. Vitriolöl + 86 Th. Wasser) erzeugt eine sehr vortheilhafte Combination. Je schwächer nun der Strom ist, zu dessen Erzeugung man diese Säuern schon benutzt hat, desto länger bleiben sie noch brauchbar. So oft man jedoch die Stromstärke im Maximo erhalten will, muss man sich noch ungebrauchter Säuern bedienen; während man zur Erzeugung von Strömen mittlerer Stärke dieselbe Salpetersäure wohl 24 Stun-

den lang im Ganzen wirken lassen kann. Die Schwefelsäure dagegen verliert ihre Leitungsfähigkeit viel rascher, weil sie sich bald mit schwefelsaurem Zinkoxyd sättigt, und kann im Allgemeinen nur halb so lange gebraucht werden.

Ueber die Anwendung des chromsauern Kalis statt der Salpetersäure, werde ich unten Einiges anführen.

Grösse und Form der Zinkringe und Cylinder werden aus der Fig. I und dem pag. 3 Gesagten hinlänglich klar sein. Die Wand der letztern ist zweckmässig der Länge nach durchschnitten, damit die Schwefelsäure im Innern der Thonzelle ebenfalls fortwährend sich ausgleichen, und auf die äussere Oberfläche des Metalls sich kein schwefelsaures Zinkoxyd ablagern kann. Ist die innere Oberfläche der Zinkringe, mit welcher sie den obern Kohlenrand umgeben sollen, nicht gehörig blank, oder passt der Ring nicht gut um die Kohle, so vermehrt sich an dieser Stelle der Leitungswiderstand, und bringt dadurch oft eine bedeutende Erwärmung des ganzen Paares hervor, ein Umstand, der selbst bei einer vielpaarigen Säule die Entdeckung solcher partiellen Unvollkommenheit leicht macht.

Anmerkung. Zur Verfertigung eines Kohlencylinders reicht eine so geringe Quantität von Steinkohle und Coaks hin, dass die Selbstkosten dieser letztern bei einer etwaigen Berechnung des Preises eines vollständigen Paares gar nicht in Anschlag zu bringen sind. Die übrigen Bestandtheile der Elemente sind ebenfalls so billig zu haben, dass dieser Preis 1 Thlr. nicht gut übersteigen kann.

Ueber die Methode der Messung der Stromstärke.

Das Instrument, durch welches ich bei meinen Versuchen die einfache Kette schloss, bestand aus zwei Stäben, welche senkrecht in ein hölzernes Brett eingeschraubt waren, durch zwei horizontale Klemmen mit den eigentlichen Polen der Kette verbunden wurden, und am obern Ende zwei, mit mehren Gelenken versehene, in allen Richtungen bewegliche Arme trugen. Diese Arme endigten ebenfalls in zwei Klemmen, welche die Schliessungsdrähte aufnahmen. Alle Theile des Instruments waren von Messing, und so dick, dass der Wiederstand, den der Strom in ihnen zu überwinden hatte, gegen den in der Kette verschwindend klein war. Fig. II. stellt eine einfache Zinkkohlenkette durch diese beweglichen Polhalter geschlossen vor.

Zur Messung der Stromstärke habe ich mich der von Herrn Professor Weber angegebenen *) Methode bedient, durch welche die Stromkraft nach absolutem Masse bestimmt wird. Die dabei zu benutzende Boussole besteht bekanntlich aus einem starken Kupferringe der mit der Ebene des magnetischen Meridians zusam-

*) Poggend. Ann. LV. p. 27.

menfallend aufgestellt wird, und in dessen Mitte sich eine Magnetnadel in horizontaler Ebene bewegt. Wird durch den Ring ein galvanischer Strom geleitet, so weicht die Nadel, deren magnetische Axe vorher mit der Richtung des horizontalen Durchmessers des Kreises zusammenfiel, nach der einen oder andern Seite um einen gewissen Winkel ab, aus dessen Grösse die Stärke des Stromes beurtheilt wird.

Die Theorie, nach der diese Beurtheilung geschieht, findet man zwar an dem erwähnten Orte, ich muss sie jedoch hier wiederholen, weil ohne dieselbe die Richtigkeit einer von mir auf einen besondern Falle angewandten Correktionsformel vielleicht unklar bleiben könnte. Stellt a b Fig. IX. den senkrechten Durchmesser des Ablenkungsringes, (den in perspectivischer Zeichnung a i b darstellt) und zugleich den Durchschnitt der Ebene dieses Kreises mit einer auf ihr senkrechten Ebene c b e f, in welcher c d senkrecht auf a b liegt, vor; befindet sich in d ein nordmagnetisches Element, das ich durch β bezeichnen will, und dessen magnetische Kraft $=$ u ist; geht der Strom durch den Kreis in der Richtung des Pfeils, so strebt ein bei b befindliches Mollekül des Kreises, welches α heissen soll, das Element β in d in der Richtung de, senkrecht zu b d abzulenken. Die Grösse der Ablenkung, d. h. die Wirkung des Stroms, der durch α hindurchgeht, ist der Grösse des Molleküls α, seiner ablenkenden Kraft g, und der magnetischen Kraft u des Elements β direkt, sowie dem Quadrate der Entfernung b d umgekehrt proportional. Es sei $ac = R = bc$, $cd = x$, und φ ein beliebiger Bogen des Ablenkungsringes, so ist die Grösse des Molleküls $\alpha = R\, d\varphi$; der Kreis besteht aus 2π solcher Molleküle, und es ist $bd^2 = x^2 + R^2$. Daher ist die Grösse der Kraft, mit welcher der Strom-

theil im Mollekül α das Element β in der Richtung de abzulenken strebt:

$$= f\frac{g\,\mu\,R\,d\varphi}{x^2+R^2}$$

wo f einen constanten Factor bezeichnet. Zerlegt man diese Kraft in zwei in den Richtungen dg und df wirkende, erstere senkrecht auf, letztere zusammenfallend mit der Richtung cd; so hat man, da

$$\sin w = \frac{R}{(x^2+R^2)^{1/2}} \text{ u. } \cos w = \frac{x}{(x^2+R^2)^{1/2}},$$

ist:

$$df = f\frac{g\,\mu\,R^2\,d\varphi}{(x^2+R^2)^{3/2}} \text{ u. } dg = f\frac{g\,\mu.\,x\,R\,d\varphi}{(x^2+R^2)^{3/2}}.$$

Zwei Kräfte von dieser Grösse verwendet nun ein jedes Mollekül von der Grösse R $d\varphi$ des Ringes auf die Ablenkung von β. Die sämmtlichen zu cf senkrechten Kräfte heben einander auf, während sich die sämmtlichen zu gd senkrechten zu einer einzigen in der Richtung df von der Grösse

$$K = \frac{2\pi\, f\, g\, \mu\, R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}}$$

zusammensetzen. Eine Magnetnadel, welche ihren Drehungspunkt in d hat, wird also nur dann in Gleichgewicht sein können, wenn ihre magnetische Axe mit cf zusammenfällt, und aus jeder andern Lage in diese durch die Kraft K abgelenkt werden. Ist diese Nadel durch die magnetische Erdkraft ursprünglich so gerichtet, dass ihre magnetische Axe senkrecht auf cd steht, so muss sich die Grösse von g aus dem Winkel beurtheilen lassen, um den sie aus dieser Lage abgelenkt wird.

Denken wir uns nämlich, es wirke statt des Stromes auf das Element β in der Richtung df die Kraft

eines unendlich kleinen Magneten, dessen magnetische Kraft = M sei, aus der Entfernung $\sqrt{x^2 + R^2}$, so müssen wir als die Grösse seiner Kraft

$$k = \frac{2 M \mu}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

ansehen*).

Hat nun ein Strom, dessen ablenkende Kraft = K war, eine durch den Erdmagnetismus vorher eingestellte Nadel um einen gewissen Winkel abgelenkt, so muss, wenn der kleine Magnet mit ber Kraft k dieselbe Wirkung hervorrufen soll

$$K = k; \text{d. h.}$$
$$1) \; M = \pi f g R^2$$

sein. Kann man also aus einem beobachteten Ablenkungswinkel der Nadel berechnen, wie gross die Kraft M eines Magneten sein müsse, wenn derselbe, aus einer gewissen Entfernung wirkend, diese Ablenkung hervorgebracht haben sollte, so kann man mittels der Gl. 1 auch daraus die Stärke G des Stromes bestimmen, der in der That diese Ablenkung aus derselben Entfernung erzeugte.

Gauss hat aber gezeigt, dass, wenn ein Magnet von der Stärke M in der hier besprochenen Art, (so dass seine Axe senkrecht steht zu der der Nadel) aus zwei verschiedenen Entfernungen wirkt, und sie das eine Mal aus der Entfernung r' um den Winkel v, das andere Mal aus der Entfernung r um den Winkel u ablenkt

$$2) \; \text{tg}\, v = \frac{L}{r'^3} + \frac{L'}{r'^5}$$

*) Intensitas vis magnet. terr. horiz. Gauss. Goettingen. Poggendorff, Ann. LV., pag. 27

$$3)\ \mathrm{tg}\, u = \frac{L}{r^3} + \frac{L'}{r^3}$$

$$4)\ L = \frac{2\,M}{T}$$

ist, wo T den horizontalen Theil der magnetischen Erdkraft; und L und L' zwei constante Funktionen der Intensität vorstellen. Aus diesen 3 Gleichungen kann man also M berechnen, wenn T bekannt ist.

Stellt man also eine Nadel in zwei verschiedenen Entfernungen von dem Ablenkungsring so auf, dass ihr Drehungspunkt beidemal in cf liegt, während der Ring selbst mit der Ebene des magnetischen Meridians zusammenfällt, und beobachtet die Ablenkungswinkel, welche ein durch den Ring gehender Strom erzeugt, so kann man aus den Gll. 1 bis 4 die Grösse von g bestimmen, und in Zahlen ausdrücken, sobald man nur eine Einheit gewählt hat, auf welche man dieselben beziehen will. Am besten wählt man die Einheit so, dass $f = 1$; d. h.

$$f = \frac{M}{g\pi\, R^2} = 1$$

d. h. $M = 1$; $g = 1$; $\pi R^2 = 1$ wird, indem man diejenige Grösse von g zur Einheit nimmt, bei welcher der Strom die Flächeneinheit umkreisend, dieselbe Fernenwirkung hat, wie die Einheit des freien Magnetismus.

Ist aber die Länge der Nadel im Verhältniss zu ihrer Entfernung von der Ringperipherie sehr klein, so genügt es, die Nadel aus einer einzigen Entfernung ablenken zu lassen, und nur die Gl. 3 zur Berechnung von L in der Form:

$$5)\ \mathrm{tg}\ u = + \frac{L}{r^3}$$

anzuwenden. Man kann zu dem Zwecke ein für allemal dieselbe Entfernung nehmen, und den Drehungspunkt der Nadel mit dem Kreismittelpunkt zusammenfallen lassen, wodurch man in den Stand gesetzt wird, die Beobachtungen mit grosser Schnelligkett zn machen, und selbst kleine Aenderungen in der Stromstärke zu bemerken. Es wird dann $r = R$ und

$$\mathrm{tg}\ u = \frac{2\pi\ g}{R\ T}$$

sowie

$$6)\ g = \frac{1}{2\pi}\ R\ T\ \mathrm{tg}\, u = A\ T\ \mathrm{tg}\ u.$$

wenn unter A der Ausdruck $\frac{1}{2\pi}$ R verstanden wird.

Wenn jedoch der Drehungspunkt der Nadel nicht in c, sondern etwa in h fällt, und dabei ihre Länge weniger als den fünften Theil des Durchmessers des Ringes ausmacht, so wird vorstehende Formel noch etwas geändert werden müssen. Es ist zwar immer noch die Grösse des Molleküls α, deren der Kreis 2π hat, $= R\ d\varphi$, aber es ist dann, $b\,h = y$ genommen, die Kraft, mit welcher α den Nordpol der Nadel zu drehen strebt, auf dieselbe Einheit bezogen: =

$$\frac{g\ \mu\ R\ y\ d\varphi}{(x^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{g\ \mu\ R\ y\ d\varphi}{y^3}$$

da ja $x =$ Null ist. Denkt man sich die Kraft 2 M ebenfalls auf 2π Molleküle vertheilt, so bekommt jedes $\frac{2\ M}{2\pi}\ d\varphi$. und wirkt ein jedes aus der Entfernung $(\sqrt{x^2 + y^2})$ oder y, so ist sein Antheil

$$\frac{2\mu\, M\, d\varphi}{2\pi \sqrt{x^2+y^2}^3} = \frac{2\mu\, M d\varphi}{2\pi\, y^3}$$

und daher

$$\frac{2\,\mu\, M}{2\,\pi}\;d\varphi = g\,\mu\, R\, y\, d\varphi$$

oder nach 4 und 5

$$\frac{T\;\; y^3\;\, tg\;\;u}{2\,\pi}\,d\varphi = g\;\; R\;\; y\, d\varphi$$

$$\frac{T\, y^2\;\; tg\;\, u}{2\,\pi}\,d\varphi = g\;\; R\;\; d\varphi$$

$$\frac{y^2\;\; tg\;\; \mu}{2\pi\;\; R}\,d\varphi \;=\; \frac{g}{T}\;\;\; d\varphi$$

der Ausdruck $\frac{y^2\;tg\;\;u}{2\,\pi\,R}\;\delta\varphi$ ist das Mass des Kräftequotienten $\frac{g}{T}\;\; d\varphi$, worin $g\;\; d\varphi$ die magnetische Kraft eines Molleküls des Ablenkungskreises bezeichnet, und man erhält durch Integration beider Seiten der letzten Gleichung nach φ zwischen den Grenzen 2π und o den Ausdruck $\frac{tg\;\;u}{4\;\;\pi^2\;\;R}\;S_{\;0}^{2\pi}\;\;y^2 d\varphi$ als das Mass des Kraftquotienten $\frac{g}{T}$, wo g die magnetische Totalkraft des Stromes vorstellt, nämlich;

$$\frac{tg\;\;u}{2\,\pi\;\;R}\,S_{0}^{2\pi}\,y^2\,d\varphi = 2\,\pi\;\;\frac{g}{T}$$

$$\frac{tg\;\;u}{4\;\pi^2\;\;R}\;\;S_{0}^{2\pi}\;\;y^2 d\varphi = \frac{g}{T}$$

Es ist aber jetzt, wie man Fig. X sieht, in der def den Ablenkungsring vorstellt, y nicht mehr von φ unabhängig, sondern

$$y^2 = R^2 + z^2 - 2 R z \cos\varphi$$

wenn $z = h c$, und daher:

$$\frac{\text{tg } u}{4\pi^2 R} \int_0^{2\pi} (R^2 + z^2 - 2 R z \cos\varphi) d\varphi = \frac{g}{T}$$

$$\frac{\text{tg } u}{2\pi R} (R^2 + z^2) = \frac{g}{T}$$

$$7) \; g = \frac{1}{2\pi} \frac{R^2 + z^2}{R} T \,\text{tg}\, u = \left(\frac{R}{2\pi} + \frac{z^2}{2\pi R}\right)$$

$$\times T \,\text{tg}\, u = (A + a) T \,\text{tg}\, u$$

Der Ausdruck $a = \frac{z^2}{2\pi R}$ ist daher die Correktion, welche an den Factor A der obigen von Weber aufgestellten Formel anzubringen ist, wenn der Drehungspunkt der Nadel so liegt, wie h Fig. IX. und X.

Stellt b d (Fig X) die Dicke des Ablenkungskreises vor, so ist für R natürlich $b c + \frac{b d}{2}$ zu nehmen. Bei dem von mir benutzten Instrumente des hiesigen Laboratoriums war $R = 201,5^{mm}$, $z = 7^{mm}$, also

$$8) \; g = 32,108 \; T \,\text{tg}\, u.$$

Die Grösse von T für den Platz, an welchem ich die Versuche anstellte, bestimmte ich [mit einem nach Weber's Angabe*) construirten, sogenannten Reisemagnetometer des hiesigen mathematisch-physikalischen

---

*) Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins f. 1836. pag: 63.

Instituts, das mir Herr Professor Gerling zu benutzen gestattete] aus der Schwingungszeit t eines cylindrischen Magnetstabes von 99^{mm}, 5 Länge und 10^{mm}, 8 Durchmesser, aus seinem Trägheitsmoment K, und aus drei Winkeln, v_0, v_1, v_2, um welche er eine kleine Boussolennadel aus ihrer Lage im magnetischen Meridian ablenkte, wenn er in drei verschiedenen Entfernungen ablenkte, R_0, R_1, und R_2 von dem Drehungspunkt der Nadel senkrecht mit seiner Axe zu ihrer Axe gelegt wurde. Setzt man nämlich:

$$A = \frac{\text{tg } v_0}{R_0^3} + \frac{\text{tg } v_1}{R_1^3} + \frac{\text{tg } v_2}{R_2^3}$$

$$A^1 = \frac{\text{tg } v_0}{R_0^5} + \frac{\text{tg } v_1}{R_1^5} + \frac{\text{tg } v_2}{R_2^5}$$

$$B = \frac{1}{R_0^6} + \frac{1}{R_1^6} + \frac{1}{R_2^6}$$

$$B^1 = \frac{1}{R_0^8} + \frac{1}{R_1^8} + \frac{1}{R_2^8}$$

$$B'' = \frac{1}{R_0^{10}} + \frac{1}{R_1^{10}} + \frac{1}{R_2^{10}}$$

$$r = \tfrac{1}{2} \frac{A B'' - A^1 B^1}{B B'' - B^1 B^1}$$

$$C = \pi^2 K$$

so ist

$$T = \frac{1}{t} \sqrt{\frac{C}{r}}$$

Bei drei Versuchen, welche angestellt wurden, fanden sich bei den bezüglichen Entfernungen $R_0 = 450^{mm}$, $R^1 = 350^{mm}$, $R_2 = 300^{mm}$ folgende Ablenkungen der Nadel und Schwingungsdauern:

	I.	II.	III.
$v_0 =$	$5^\circ 18' 57,'' 6$;	$= 5^\circ 22' 48,'' 0$;	$= 5^\circ 21' 43,'' 2$ *)
$v_1 =$	$11^\circ 17' 20,'' 4$;	$= 11^\circ 22' 44,'' 4$;	$= 11^\circ 22' 30,'' 0$
$v_2 =$	$17^\circ 47' 24,'' 0$;	$= 17^\circ 56' 6,'' 0$;	$= 17^\circ 51' 43,'' 2$
$t =$	6, 44	; = 6, 43	; = 6, 43

woraus folgen für r die 3 Werthe

	I.	II.	III.
$r =$	4151900;	= 4203800;	= 417400

und

$$\frac{1}{t\sqrt{r}} = \frac{7{,}6136}{10^5} \; (\text{I.}); = \frac{7{,}5678}{10^5} \; (\text{II.}); = \frac{7{,}6123}{10^5} \; (\text{II.})$$

Das Trägheitsmoment des Magnetstabes ergibt sich nach bekannten Regeln der Dynamik

$$K = p \, \frac{99{,}5^2 + 3.\ 5{,}4^2}{12}$$

wo p = 70990 das Gewicht des Stabes im Milligrammen bezeichnet. Es folgt daraus;

$$C = 583070000 = 0{,}058307.\ 10^{10}$$

und

	I.	II.	III.
$T =$	1,836;	= 1,825;	= 1,836

$$T = 1{,}83$$

Eine Controle dieser Bestimmung verdanke ich der Güte des Herrn Professor W. Weber. Dieser veranlasste nämlich Herrn Dr. Goldschmidt in Göttingen, dort die Schwingungszeit eines Magneten zu bestimmen, den ich vor seinem Abgange von hier und nach seiner Zurückkunft auf dem Platze, auf welchem

*) Die angegebenen Sekunden sind natürlich nicht das Resultat der Beobachtung, sondern der Rechnung, indem aus mehren Winkelbeobachtungen das Mittel genommen wurde.

ich meine Versuche anstellte, schwingen liess. Die Schwingungszeiten fanden sich.

in Göttingen		in Marburg	
17,"75147	;	vor dem Abgange	= 17,"5701
		nach der Zurückkunft	= 17,"5325

Die Differenz der beiden letztern kann als in den gewöhnlichen magnetischen Variationen beruhend angesehen werden, so dass der Magnetismus in dem Stabe auf der Reise sich nicht geändert hatte. T für Göttingen war, nach einer Mittheilung, die ich ebenfalls Herrn Dr. Goldschmidt verdanke, am 26ten Februar = 1,7865. Es folgt daher hieraus, und aus dem Mittel der beiden Schwingungszeiten vom 15ten Febr. und 27ten März = 17,"5513 das gesuchte 7

$$T = 1,8274.$$

Begreiflicher Weise kann diese Grösse von T nicht für Marburg im Allgemeinen angenommen werden, sondern nur für jenen Platz gelten, an welchem die Tangentenboussole stand, der sich keineswegs in einem eisenfreien Lokale befand. *)

Es wird daher jetzt aus der Gl. 8 die

$$9)\quad g = 58,774 \ \mathrm{tg}\ u$$

Vor der Anwendung der Tangentenboussole bedarf es einer Vergewisserung, ob der Nullpunkt, den der Limbus des Kreises zeigt, über dem die Nadel sich bewegt, auch der wirkliche Nullpunkt ist. An dem hiesigen Instrumente trug nach einer Verbesserung des Herrn Prof. Bunsen der Südpol der Nadel

*) T für Marburg ergibt sich aus 2 Messungen, welche ich am 24. Mai, und 6. Juni an zwei verschiedenen Plätzen, im Freien in der nöthigen Entfernung von eisenhaltigen Gegenständen anstellte = 1,88.

einen langen, aber höchst feinen Glasfaden, der gleichsam eine Verlängerung der Nadelaxe bildete, so dass dem eingetheilten Kreise ein grosser Durchmesser gegeben werden, und die Ablenkung mit Hülfe eines unter der Eintheilung festliegenden Spiegels noch bis auf $\frac{1}{10}$ Grad genau abgelesen werden konnte. Stellt nun a k (Fig. XI.) diesen Glasfaden, a g b f die Kreiseintheilung, m n = l o die Breite des Ablenkungskreises, der sich über die Kreistheilung, senkrecht auf ihr, herüberwölbt, ferner m l und n o die Projectionen der die Punkte m und l, n und o verbindenden Kreisbogen vor, ist endlich n q = m q, o p = p l, so müsste bei einem gut gearbeiteten Instrumente der Punkt 0° bei a, der 180° bei b, der 90° bei f, der 270° bei g liegen, wenn f g senkrecht auf a b steht. Es müsste dann der Strom die stärkste Einwirkung auf die Nadel ausüben, wenn vor seinem Durchgange durch den Ring der Glasfaden bei a einstände, und gar keine, wenn vor seinem Durchgange der Glasfaden bei f einstände. Bei dem Instrumente des hiesigen Laboratoriums bewirkte der Strom aber nur dann gar keine Ablenkung, wenn der Glasfaden bei e, a e = 91,25°, einstand, woraus folgte, dass der wirkliche Nullpunkt der Theilung, d. h. derjenige Punkt, in welchen die Nadel vorher durch den Erdmagnetismus eingestellt sein musste, wenn ein durch den Ring gehender Strom mit seiner ganzen Stärke auf sie einwirken sollte, bei r lag, wenn r a = 1,25° war. Bei den meisten meiner Versuche wurde das Instrument so aufgestellt, dass der Glasfaden bei r einspielte. War dies aber auch nicht geschehen, stand er z. B. bei h ein, so konnte doch leicht für diesen Fall eine Correctionsformel entwickelt werden, wenn nur die Grösse von r h bekannt war. Ich verdanke diese

Formel dem Herrn Prof. Weber. Ihre Theorie ist folgende:

Es stelle (Fig. XII) a c den Glasfaden der Nadel, und d den richtigen Nullpunkt der Kreistheilung vor, dabei sei W. c a d = x. Wird nun die Nadel aus dieser Stellung um den Winkel u = c a b abgelenkt, so halten sich zwei Kräfte durch die Nadel im Gleichgewicht. Die eine $\frac{g}{A+a}$ (vide pag. 22. Nr. 7), durch welche der Strom in der Richtung b i wirkt, lässt sich in eine unwirksame, in der Richtung b e, und in eine wirksame $= \frac{g}{A+a} \sin [\frac{1}{2}\pi - (u + x)]$ senkrecht auf b a in der Richtuug b h; die andere, durch welche die magnetische Erdkraft in der Richtung b k sich äussert, ebenfalls in eine unwirksame in der Richtung b f, und in eine wirksame = T sin u in der Richtung der b l senkrecht zu a b, zerlegen. Beide wirksame Kräfte sind einander entgegengesetzt, und halten die Nadel im Gleichgewicht. Daher ist:

$$\frac{g}{A + a} \sin [\tfrac{1}{2}\pi - (u + x)] = T \sin u$$

$$g = T(A + a)\frac{\sin u}{\cos u}\,\frac{\cos u}{\cos(u + x)} = T\,(A + a)\,\frac{\cos u}{\cos(u + x)}\,\mathrm{tg}\,u.$$

Hätte die Nadel ursprünglich auf m gezeigt, so wäre x = m a d und u = m a b gewesen, und

$$g = (A + a)\;T\;\mathrm{tg}\,u\,\frac{\cos u}{\cos(u - x)}$$

geworden. Bei allen Versuchen wurde der Strom so durch den Boussolenring geleitet, dass, wie es Fig. XII. angibt, der Nordpol der Nadel eine östliche Ab-

lenkung erfuhr; bei denen aber, von welchen die Nadel nicht bei d einspielte, war die Abweichung bald im Sinne von d a c, bald in dem von d a m. Ich will diese Abweichung in Zukunft stets durch x bezeichnen, und im ersten Falle ihr ein +, im entgegengesetzten ein — vorsetzen, dann aber g stets nach der Formel

$$10)\ g = 58,774\ \text{tg}\ u\ \frac{\cos u}{\cos (u + x)}$$

berechnen.

Der Boussolenring endigte in zwei senkrechte, am Ende etwas nach Aussen umgebogene Schenkel b c und a d (Fig. XIII), die einander sehr nahe, aber durch ein Streifchen Papier isolirt waren, und mit c und d in zwei Glasnäpfchen mit Quecksilber eintauchten Er durfte jedoch nicht etwa so in den Kreis der Kette, deren Stromstärke gemessen werden sollte, eingeschaltet werden, dass die Quecksilbernäpfchen durch zwei kurze Drähte mit den Endklemmen a und b (Fig. II.) der beweglichen Polhalter communicirt hätten, denn alsdann würden letztere aus so geringer Entfernung ebenfalls auf die Nadel gewirkt haben; es mussten vielmehr Ableitung und Zuleitung in der von Weber angegebenen Weise, oder einfacher durch folgende Einrichtung geschehen. Drei Kupferdrähte (Fig. XIV. A) a d = 4,′ 5; g e = h f = 4,′ 75 lang, alle drei von 1,5 Linien Durchmesser wurden bei a, b, c und d der Länge nach so aneinander gelöthet, dass g e bei d, und f h bei g etwa 3″ hervorragten, und ihre Querschnitte so aneinander lagen, wie bei B gezeichnet ist; und das ganze System von a bis d mit starkem Seidenband umwickelt. Alsdann wurden drei andere Drähte von derselben Dicke, einer so lang wie a d, die andern wie h f, an jenem Bündel entlang ge-

legt, und durch eine Kupferdrahtumwickelung festgepresst, wie bei C und D Fig XIV zu sehen ist, dass der eine der längern am einen, der andere am andern Ende um 3″ hervorragt. Zuletzt wurden l und m nach Oben, i und k nach Unten knieförmig umgebogen, und jene Enden in die Klemmen der Polhalter befestigt, diese in die Quecksilbernäpfchen eingetaucht. Es ging dann der Strom z. B. von l durch einen 4,5‴ dicken cylindrischen Leiter $\alpha\beta\ \varepsilon$ (D) nach i, von da durch die Tangentenboussole nach k, wurde dort in 3 Theile getheilt, von denen jeder einen 1,5‴ dicken Draht γ ξ und δ zum Wege hatte, und ging nach der Wiedervereinigung nach m. Das System der beweglichen Polhalter stand dann von dem Ringe in einer Entfernung, in welcher es, wie besonders darüber angestellte Versuche auswiesen, keinen Einfluss mehr auf die Nadel ausübte, und der zum Ringe gehende Strom war auf dem übrigen Theile seines Weges, ausser in der Boussole selbst, dem von der Nadel kommenden so nahe, dass die Wirkungen beider sich gegenseitig aufheben mussten.*)

*) Die aus den Polhaltern, den Kupferdrähten und dem Boussolenkreise zusammengesetzte Verbindung will ich im Folgenden stets kurz: das Zuleitungssystem nennen.

Vergleichung der Kohlenzink- mit der Zinkplatin- und der Zinkkupferkette.

Die zur Beurtheilung der Kohlenzink-Kette wichtigsten Punkte sind unstreitig die Stärke und die Beständigkeit des durch sie erzeugten Stromes. Ich habe sie in dieser Beziehung mit der Groveschen Zinkplatinkette, und der Daniellschen Zinkkupferkette verglichen, und werde die Resultate unten tabellarisch mittheilen.

Die Zinkkohlenkette, die ich anwandte, war so zusammengesetzt, wie Fig. II zeigt; die Grovesche eine nach Poggendorffs Angabe *) construirte, nur mit dem Unterschiede, dass die Verbindung der beiden Elemente mit den Polhaltern nicht durch Messingklammern, sondern durch Quecksilbernäpfchen und Kupferdrähte bewirkt wurden. Die Daniellsche war ganz nach demselben Schema errichtet, wie die Kohlenzinkkette, nur stand das positive Element aussen, und das negative im innern Raume der Thonzelle. — Die Tangentenboussole war in der oben beschriebenen Art und Weise in den Kreis der zu prüfenden Kette eingeschaltet.

Wenn die drei Ketten mit neuen Säuern geladen wurden, so zeigten sie nicht augenblicklich nach der Schliessung eine Beständigkeit der Action, die Strom-

---

*) Poggend. Ann. Bd. LIV., pag. 425.

stärke variirte, die Nadel machte bedeutende Schwankungen; und in der Zinkkohlenkette bildete sich während dem in der obersten Salpetersäureschicht eine intensiv grüne Färbung. Nach einiger Zeit aber trat plötzlich eine nicht lange andauernde absolute Beständigkeit ein, so dass die Nadel der Boussole ganz ruhig auf denselben Punkt zeigte. In der Zinkkohlenkette hatte sich dann die grüne Färbung der ganzen Salpetersäure mitgetheilt, so dass in ihr, und wahrscheinlich auch in den andern die ungleichmässige Leitungsflüssigkeit jene Schwankungen erzeugt hatte. Die Beständigkeit tritt demgemäss auch später, und in weit geringerm Masse ein, wenn der angewandte Kohlencylinder nicht die Löcher e (Fig. VII) besitzt, indem dann Homogenität der leitenden Flüssigkeit nur in sehr unvollkommener Weise bewirkt werden kann. Wenn man nur eine einfache Kette wirken lässt, so kann man das Eintreten des Constantbleibens dadurch sehr beschleunigen, dass man den Kohlencylinder in die Höhe hebt, und einigemal auf und ab bewegt.

Die Beständigkeit aller drei Ketten bleibt jedoch keine absolute, sondern der Strom nimmt mit der Zeit immer etwas ab, so dass die Boussolennadel einen immer kleinern Ablenkungswinkel zeigt. Diese Differenzen sind aber, wie die Tabellen zeigen werden, während einer nicht zu langen Zeit höchst unbedeutend.

Die Versuche wurden sowohl mit ungeschwächter Stromstärke, während dem Strome sich kein anderer ausserordentlicher Leitungswiderstand entgegen stellte, als der im Zuleitungssysteme, angestellt, als auch mit geschwächter Stromstärke, während zwischen dem einen Pole P (Fig. II) und der entsprechenden Klemme des Polhalters ein Kupferdraht von 2,144 □mm Queerschnitt, in verschiedenen Längen von 18 bis 0,4 Metern eingeschaltet wurde.

Die absolute Grösse des Stromes der geprüften Kette wurde nach der Formel Nr. 10 pag. 28 aus dem mittlern Ablenkungswinkel jedesmal berechnet; — die Grösse von x findet sich bei jeder Versuchsreihe in den Tabellen angegeben. Zur Beurtheilung der Beständigkeit habe ich es nicht für nöthig gehalten, die Stromstärke für jeden einzelnen Winkel zu bestimmen, indem die Differenzen der Winkel selbst hinreichende Anhaltspunkte dazu liefern.

Die Schwefelsäure, welche ich benutzte, hatte ein specif. Gew. von 1,164 (= ungefähr 4 bis 5 Theilen Wasser auf 1 Theil Vitriolöl), und die Salpetersäure in der Versuchsreihe A, ein specif. Gew. von 1,347 (47 p. C. N_2O_5 + Spuren von Cl_2H_2). Die bei den Versuchen B angewandte Salpetersäure enthielt in 100 Theilen an wasserfreier Salpetersäure = 42,805 und Salzsäure = 0,117. Die bei C gebrauchte Flüssigkeit, welche die negative Erregerplatte umgab, enthielt, nach Poggendorffs Angabe *) gemischt, 3 Theile chromsaures Kali, 4 Theile Schwefelsäure und 18 Theile Wasser. Die Grösse der von Flüssigkeit umgebenen Oberfläche der Erreger zeigt die Tabelle. Die Ablenkungswinkel wurden bei jedem bestimmten ausserwesentlichen Widerstande von Minute zu Minute beobachtet, bis sie nach eingetretener Beständigkeit wieder abzunehmen begannen.

*) Dessen Annalen. LVII. Stück 1.

(Hier folgen die Tabellen A, B, C.)

I Zu pag. 3?

A. Kohlenzinkkette und Zinkplatinkette, beide mit Salpetersäure als Erregungsflüssigkeit

	Kohlenzinkkette	Zinkplatinkette		Kohlenzinkkette	Zinkplatinkette	
		I	II		I	II
Oberfl. d. Zinks in Quadratmillimetern	11215,8	12817,6	19206,4	11215,8	12817,6	19206,4
[illegible]	75°24′	78°48′				
	76° 0′					
	76°36′					
	76°42′					
	77° 0′					
	77° 6′					
	77°12′					
	77°12′					
	77°12′					
	77° 0′					

	Kohlenzinkkette		Kupferzinkkette	Kohlenzinkkette		Kupferzinkkette
	I	II		I	II	
Oberfläche [illegible] in Quadrat-Millimetern	8796,2	9016,4	16470,0	8796,2	9016,4	16470,0
Oberfl. [illegible] in Quadrat-Millimetern	15818,0	15818,0	9537,2	15818,0	15818,0	9537,2
[illegible] in Metern	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
Strom-Stärke	141,890	109,020	56,400	117,620	96,079	44,263
	0	0	0	0	0	0
[illegible]	67° 36′ 67° 30′ 67° 30′ 67° 18′ 67° 12′ 67° 0′ 67° 0′ 67° 0′ 67° 0′	62° 6′ 62° 0′ 61° 54′ 61° 54′ 61° 54′ 61° 48′ 61° 36′ 61° 36′ 61° 30′	46° 12′ 45° 48′ 44° 12′ 43° 48′ 43° 24′ 43° 0′ 43° 0′ 43° 0′ 42° 30′	63° 48′ 63° 36′ 63° 24′ 63° 24′ 63° 24′ 63° 24′ 63° 12′	58° 42′ 58° 36′ 58° 33′ 58° 30′ 58° 30′ 58° 30′ 58° 30′ 58° 33′	37° 18′ 37° 1′ 36° 54′ 36° 54′ 36° 54′ 36° 54′ 36° 54′

C. Kohlenzinkkette und Platinzinkkette mit Schwefelsäure als Erregungsflüssigkeit

	Kohlenzink-kette	Platinzink-kette	Kohlenzink-kette	Platinzink-kette	Kohlenzink-kette	Platinzink-kette
[illegible]	8796,2	19206,0	8796,2	19206,0	8796,2	19206,0
[illegible]	15520,0	13090,0	15520,0	13090,0	15520,0	13090,0
×	0	0	0	0	0	0
Ablenkungswinkel	60° 48′	65° 12′	42° 36′	58° 12′	35° 18′	48° 42′
	51° 42′	65° 40′	42° 12′	57° 54′	34° 42′	48° 18′
	51° 36′	64° 15′	41° 30′	54° 48′	34° 30′	48° 18′
	50° 30′	64° 3′	41° 30′	54° 42′	34° 6′	48° 18′
	50° 0′	64° 3′	41° 18′	54° 42′	33° 54′	47° 30′
	49° 30′	64° 3′	41° 18′	54° 42′		45° 54′
	48° 48′	64° 12′		54° 42′		
	48° 12′	64° 12′		54° 24′		
	48° 0′	64° 12′				

Zuerst macht sich in dieser Tabelle das schon oben besprochene Schwanken der Stromstärke zu Anfang der Action bemerklich; die unter der Rubrik Kohlenzinkbattrie hin und wieder vorkommenden punktirten Queerlinien deuten an, dass dort ein Auf- und Abbewegen des Kohlencylinders vorgenommen sei, um den Eintritt der Beständigkeit zu beschleunigen.

Bei den Versuchen B. I war die Kohle der Kohlenzinkkette im Verhältniss zum Durchmesser der Thonzelle etwa um 1 Linie weiter abgedreht worden, als sonst zu geschehen pflegte, um zu untersuchen, ob die Action vielleicht noch konstanter würde, wenn man der Flüssigkeit zwischen Kohle und Thonzelle einen weitern Spielraum gönnte, und dadurch den Austausch der geschwächten Salpetersäureschicht mit der ungeschwächten erleichterte. Diese Veränderung bewirkte jedoch keine grössere Beständigkeit, und es ist daher um so mehr zu rathen, Kohlen anzuwenden, in welche die Thonzellen gut einpassen, als sonst das Entweichen von salpetrigsauerm Gas zu sehr begünstigt wird. Bei diesem Versuche war also die Länge des flüssigen Leiters im Verhältniss zu A bedeutend vergrössert; ferner waren, wie auch bei B II, die Oberflächen der Erreger kleiner, und endlich (vide pag. 30) die Oxydationsflüssigkeit schwächer und daher schlechter leitend, lauter Umstände, welche eine Schwächung des Stromes herbeiführen mussten. Die Versuche B II wurden mit einer Kette angestellt, welche eine Thonzelle aus der baierischen Fabrik enthielt, über welche schon oben das Nöthige bemerkt worden ist. Wenn jedoch die Dimensionen der einzelnen Theile des Apparats in dem früher angegebenen Verhältnisse stehen, und gehörig reine und trockene Thoncylinder, so wie frische Säuern angewendet werden, so hat der Strom stets eine ähnliche Stärke wie in A.

Um zu untersuchen, wie sich die Ketten bei längerer Action sehr schwacher Ströme verhielten, schaltete ich in ihren Kreis ausser dem 18 Meter langen Draht von 2,144 □mm Queerdurchschnitt, noch einen 20 Meter langen von 0,7228 □mm Queerschnitt ein, nachdem der Strom schon sehr lange gewirkt, und die Säuern bedeutend geschwächt hatte, liess sie mehre Stunden lang geschlossen, und beobachtete von Zeit zu Zeit die Ablenkungswinkel der Boussoulennadel. Auch hier zeigte sich eine bedeutende Beständigkeit, wie man zu Ende der Versuchsreihe A sieht.

Die Verschiedenheit in den Stromstärken der beiden angewandten Groveschen Ketten A I u. II hat in der Verschiedenheit der Grösse ihrer Zinkcylinder ihren Grund.

Den Zahlen der Tabelle nach folgen die drei verglichenen Ketten ihrer Stärke nach in folgender Ordnung auf einander: Grovesche Zinkplatinkette, Bunsensche Zinkkohlenkette, Daniellsche Zinkkupferkette, während der Unterschied zwischen den beiden ersten sehr unbedeutend, die Beständigkeit der Action aber bei Anwendung von Salpetersäure als Oxydationsflüssigkeit von allen dreien ungefähr dieselbe ist.

Demnach unterliegt es keinem Zweifel, dass die Zinkkohlenkette dem Wesen der Action nach der Groveschen fast gleich kommt, und die Daniellsche bei Weitem übertrifft.

Mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure als Oxydationsflüssigkeit geladen, zeigt, wie man sieht, und was auch schon Poggendorff *) beobachtet hat, die Zinkkohlenkette eine weit geringere Beständigkeit als die Grovesche, vielleicht, weil sich in den Poren der Kohle Chromoxyd niederschlägt.

(* Annalen LVII. 1.

Bestimmung des Widerstandes der leitenden Flüssigkeit in der Zinkkohlenkette.

Nach dem Ohm'schen Gesetze ist in einer geschlossenen Kette die Stromstärke direkt der electromotorischen Kraft, und umgekehrt dem Widerstande, den der Strom zu überwinden hat, proportional. Heisst erstere E, letzterer W, und die Stromstärke g, so ist

$$g = \frac{E}{W}$$

W hat zwei Theile, einen wesentlichen L, welchen Strom in der Kette beim Durchgange durch den flüssigen Leiter, und beim Uebergange aus diesem in die Erregerplatten findet, und einen ausserwesentlichen l, den die metallische Verbindung der Erregerplatten bewirkt; mit andern Worten, es ist

$$1)\ g = \frac{E}{L + l}$$

während l der Länge des Verbindungsstücks direkt, und seinem Queerdurchschnitt umgekehrt proportional ist.

Wenn man daher eine einfache Kette, in deren Kreis eine Tangentenboussole eingeschaltet ist, durch mehre Drähte von derselben Dicke, z. B. von 1□mm Queerschnitt, aber von verschiedenen Längen l', l'', l''' etc. schliesst, so kann man nach der Formel (Nr. 10 pag. 26) aus den erhaltenen Ablenkungswinkeln die zugehörigen

Stromstärken g', g'', g''' etc. berechnen, und erhält dann durch Substitution der Werthe l', l'', l''', g', g'', g''' etc. etc., für l und g in die Gl. 1, mehre Gleichungen zwischen E und L. Gehören diese Gleichungen nun solchen Zuständen der Kette an, in welchen L immer dieselbe Grösse behalten hat, so muss dasselbe durch Combination je zweier dieser Gleichungen berechnet, durch genau dieselbe Zahl ausgedrückt werden können, welche sich auf die den Grössen l', l'', l''' etc. zum Grunde liegenden Einheiten bezieht, und anzeigt, ein wie langer Schliessungsdraht vom $1^{\square mm}$ Dicke denselben Leitungswiderstand leisten würde, wie der flüssige Leiter. Zu gleicher Zeit ergiebt sich daraus noch E auf die Einheit von g', g'', g''' etc. bezogen. Es seien

$$g = \frac{E}{L + l} \text{ und } g' = \frac{E}{L + l'}$$

zwei dieser Gleichungen, so folgt:

$$L = \frac{g'l' - gl}{g - g'} \text{ und } E = \frac{gg'(l' - l)}{g - g'}$$

Vor allen Dingen müssen jedoch, namentlich, wenn starke Ströme zu diesen Versuchen angewendet werden sollen, je zwei Beobachtungen des Ablenkungswinkels bei verschiedenem l, aus denen man E und L berechnen will, während eines möglichst kurzen Geschlossenseins der Kette gemacht werden, weil sich bei längerer Action die Natur des flüssigen Leiters ändert, und L dann in den Fällen, auf welche man die obigen Formeln anwenden will, nicht mehr dieselbe Grösse bezeichnet. Daher können die oben tabellarisch aufgestellten Versuche, bei denen der flüssige Leiter meistens 10 bis 15 Minuten lang starken Strömen ausgesetzt war, nicht zu einer solchen Bestimmung von L und E dienen. Um diese Grössen, namentlich L für die Bunsensche Kette zu berechnen, habe ich eine be-

Zu pag. 51. b.

№	Läng	L.		y.		E.	
		Einzeln berechnet.	Abweichung vom Mittel.	Einzeln berechnet.	Abweichung vom Mittel.	Einzeln berechnet.	Abweichung vom Mittel.
1							
2		2,094	−0,000	1,318	−0,001	609,87	−0,30
3		2,109	−0,015	1,303	+0,014	613,56	−3,99
4		2,091	+0,003	1,321	−0,007	608,28	+1,29
5		2,104	−0,010	1,308	+0,009	612,04	−2,47
6		2,086	+0,008	1,326	−0,009	606,91	+2,66
7		2,087	+0,007	1,325	−0,008	607,25	+2,32
8		2,092	+0,002	1,320	−0,003	608,83	+0,74
		Mittel 2,094		Mittel 1,317		Mittel 609,57	

sondere Reihe von Versuchen angestellt, indem ich in rascher Aufeinanderfolge, dieselbe durch verschiedene genau gemessene Längen eines Kupferdrahts ganz wie in der oben (pag. 31) angegebenen Weise schloss, und so lange geschlossen liess, bis die Action Beständigkeit zeigte, was gewöhnlich schon nach Verlauf von einer Minute geschah. Der Berechnung von g wurde dann der mittlere constante Ablenkungswinkel zum Grunde gelegt. Auch wurde darauf gesehen, dass Kohlencylinder, Thonzelle und Zinkcylinder immer gleichweit von einander abstanden.

Folgende Tabelle enthält die Versuche und die daraus berechneten Grössen von L und E.

(Hier folgt Tabelle D.)

Die meisten Angaben dieser Tabelle bedürfen jedoch noch einer nähern Erörterung. Von dem als Schliessungsmittel angewandten Kupferdraht wog eine Länge von 564^{mm} 10,7366 grm.; er hatte specifisches Gewicht von 8,878 also einen Durchmesser von 1,652^{mm}, und einen Queerschnitt von 2,144$^{\square mm}$. Die Längen, in welchen er in den Kreis der Kette eingeschaltet wurde, giebt die erste Spalte in Metern an. Statt dieser Zahlen wurden aber, um eine allgemeinere Einheit zu haben, die einen eben so grossen Widerstand leistenden Längen eines Drahts von 1$^{\square mm}$ Queerschnitt im Metermaasse ausgedrückt, für 1 der Berechnung zum Grunde gelegt. Die letztern wurden nach dem Gesetze bestimmt, wonach zwei Drähte dem Strome gleichen Widerstand entgegensetzen, wenn ihre Längen sich wie ihre Queerschnitte verhalten; und finden sich in der vierten Spalte. Der Inhalt der zweiten und dritten Spalte ist durch die Ueberschrift hinlänglich deutlich bezeichnet.

Bei dem ersten Versuche hatte der Strom nur den Widerstand in der Kette und im Zuleitungssystem zu überwinden, indem während seiner Dauer kein weiterer Draht in den Kreis der Kette eingeschaltet war. Wir wollen ihn, weil er bei allen übrigen Versuchen auch auftritt, den konstanten Widerstand nennen. Der Antheil, den das Zuleitungssystem, eine Combination von Leitern, welche alle einen sehr grossen Queerschnitt besitzen, an ihm hat, ist gegen den des flüssigen Leiters für verschwindend klein anzusehen *). Bei allen übrigen Versuchen ist ausser diesem konstanten noch ein anderer von der jedesmaligen Länge des eingeschalteten Drahtes abhängiger Widerstand wirksam. Aus dem Versuche Nr. 1 ist also die Gleichung

---

*) Vide Poggend. Ann. LVII., St. 1 pag. 27.

$$1)\ \frac{E}{L} = 291,39$$

aus den übrigen die

$$2)\ \frac{E}{L + 0,9328} = 140,600;\quad 3)\ \frac{E}{L + 1,8685} = 116,450$$

$$4)\ \frac{E}{L + 2,7984}\ 89,112 \text{ etc.}$$

hinzustellen. Berechnet man daraus L, so folgt aus den Gll. 1 und 2 L = 0,8698; aus 3 und 2 = 3,565; aus 4 und 5 = 3,124; und aus der Combination je zweier Gleichungen der Versuche Nr. 4 und 5, Nr. 5 und 6, Nr. 6 u. 7, Nr. 7 u. 8, der Reihe nach L = 3,413; 3,330; 3,465; 3,578; im Mittel = 3,412.

Aus diesen Zahlen scheint hervorzugehen, dass der Leitungswiderstand im Versuche Nr. I. kleiner gewesen ist, als bei den übrigen.

Fechner hat durch mehre Versuchsreihen nachgewiesen *), dass die Stromstärke einer Kette öfters sprungweise durch Abnahme der electromotorischen Kraft, oder Zunahme des Uebergangswiderstands vermindert wird. Die Veränderungen dieser einzelnen Momente geschehen dadei jedoch nach einem bestimmten Verhältnisse, so dass sie aus einer gewissen Grösse in ein Multiplum oder Submultiplum übergehen.

Eine solche Zunahme des Uebergangswiderstands kann auch hier stattgefunden haben, und lässt sich dann leicht berechnen. Die Grösse 0,8698 kann natürlich nicht den richtigen Widerstand, wie er im Versuch Nr. I. gewirkt hat, bestimmen; da sie für L aus den beiden Gleichungen 1 u. 2 berechnet ist, in wel-

*) Dessen Repertorium der Experimentalphysik I, p. 440 u. ff.

chen aber L nicht dieselbe Grösse repräsentirt. Nennt man aber y die Zunahme des L, so ist

$$L + y = 3{,}412$$

und aus dieser Gleichung in Verbindung mit

$$\frac{E}{L} = 291{,}39$$

und mit jeder der 7 aus den übrigen Versuchen hinzustellenden von der Form:

$$\frac{E}{L + y + l} = g$$

worin l u. g bekannt, lässt sich 7 mal der Werth von L, so wie der von y u. E berechnen, wie sie die einzelnen Spalten der Tabelle zeigen.

Man sieht, dass L + y nahe 1,5 mal so gross ist, als L.

Einiges über die Zusammensetzung mehrer Paare der Zinkkohlenkette.

Wenn man viele Paare dieser Art zu einer Säule verbinden will, so wird, wie schon oben erwähnt, das positive Element eines jeden selbst mit dem negativen in unmittelbare Berührung gesetzt, wodurch die unbequemen Verknüpfungsmittel, wie Quecksilbernäpfchen, oder messingene Klammern, gänzlich entbehrlich sind. Höchstens braucht man im Systeme der Säule dann und wann, etwa alle 10 oder 12 Paare, eine Verbindung durch Klammern anzubringen, wenn man sich nämlich die Möglichkeit sichern will, einzelne während des Experimentirens vielleicht mangelhaft gewordene

Paare zu entfernen, ohne die ganze Säule auseinander nehmen zu müssen. Es hat, auf diese Art vorgerichtet, der Apparat ein äusserst reinliches, nettes und gefälliges Aeussere.

Bei den Versuchen, welche ich mit einer vielpaarigen Säule anstellte, kam es mir nicht darauf an, gerade das mögliche Maximum der Stromstärke zu erhalten, und es wurde daher mit schon öfters benutzten Säuern geladen. Allein dennoch wurde auch hierbei eine nach Verhältniss der Umstände grosse Beständigkeit der Action beobachtet. Während der Beobachtungen, welche in den folgenden Tabellen enthalten sind, war die Säule nur durch das Zuleitungssystem, zwischen je zweien aber noch durch verschiedene ausserwesentliche Widerstände von mittlerer Stärke geschlossen, über welche weiter Unten das Nähere gesagt werden wird. Die Thätigkeit der Säule wurde währenddem mehre Stunden lang in Anspruch genommen:

Anzahl der Plattenpaare:	Zeit der Beobachtung	Ablenkungswinkel
	8ʰ 0′	68°
44	10ʰ 0′	66°
	13ʰ 0′	40°
	9ʰ 0′	63°
34	10ʰ 30′	58° 30′
	11ʰ 45′	59° 30′

Wenn man auch noch so lange mit einer vielpaarigen Säule dieser Art experimentirt, belästigt sie doch nicht im Mindesten durch Entwicklung salpetrigsaurer Dämpfe, wie das der so schöne Grovesche Apparat leider in hohem Grade thut.

Es dürfte demnach durch alle angeführten Versuche nun hinreichend bewiesen sein, dass die Bunsen'sche Zinkkohlenkette zu den kräftigsten und konstantesten gezählt werden muss, und daher allen Ansprüchen, die man an einen derartigen Apparat zum Behufe wissenschaftlicher Untersuchungen nur machen kann, im vollkommensten Grade entspricht.

Da die Kohlenzinkbattrie neben den erwähnten Vorzügen noch die der Billigkeit, Reinlichkeit, Einfachheit und Bequemlichkeit in hohem Grade besitzt, so lässt sich erwarten, dass sie sowohl in der Physik, als auch in den Gewerben und Künsten zukünftig eine weit ausgebreitetere Anwendung finden wird, als alle übrigen Apparate dieser Art.

Ueber einige im Kreise der Kohlenzinkkette beobachtete Lichterscheinungen.

Im Kreise der Zinkkohlensäule verbrennen Quecksilber, Stahl, Eisen etc. mit ausgezeichnetem Glanze, und werden Metalldrähte von verhältnissmässig bedeutender Länge und Dicke zum Glühen gebracht. Diese Action ist von solcher Energie, dass es oft schwer hält, bei Anwendung der beweglichen Polhalter, eine Säule durch dünnere Drähte bei a oder b (Fig. II) zu schliessen. Hat man nämlich in a das eine Ende des Drahts eingeklemmt, und berührt dann b nur mit dem andern, so schmilzt oder brennt dasselbe sogleich ab. Auf diese Weise kann man z. B. an Platindrähte sehr leicht Knöpfe anschmelzen. Ein Platindraht von bedeutender Länge, als Schliessungsdraht angewandt, wird nicht glühend, sondern erst dann, wenn er auf eine bestimmte Länge verkürzt ist, Verkürzt man ihn aber noch darüber hinaus immer mehr und mehr, so bekommt man ihn zuletzt von einer Länge, bei der er nicht mehr glühend wird, woraus hervorgeht, dass das Glühendwerden eines Schliessungsdrahts nur bei einem ganz bestimmten Verhältnisse seines Leitungswiderstandes zu dem Quantum der sich durch ihn hindurchzwängenden Electricität ein Maximum erreicht.

Schliesst man eine vielpaarige galvanische Säule durch zwei sich berührende Kohlenspitzen, so beginnen die Berührungspunkte zu glühen, und werden die Spitzen dann von einander entfernt, so zeigt sich zwischen ihnen ein äusserst intensiver Lichtbogen von der Form der Fig. XV, der schon sehr häufig beobachtet, aber bisher noch nicht ein Gegenstand genauerer Untersuchungen gewesen ist.

Er hat zwei fast weissglühende Punkte, von denen der grösste Theil seiner Leuchtkraft auszugehen scheint, zu Anfangspunkten, welche ursprünglich mit den Berührungsstellen zusammenfallen, später aber nach einem complicirten Gesetze, worüber ich weiter unten Einiges anführen werde, ihre Stellung verändern. Er bildet von da aus einen cylindrischen oder ellipsoidischen Bogen, dessen äussere Begrenzungsfläche ebenfalls ein höchst intensives Licht aussendet, während der innere Raum nicht leuchtend zu sein scheint. So lange er sich zeigt, sieht man deutlich Kohlenpartikelchen von der als Anode*) dienenden Kohle zur Kathode übergeführt werden, und in jener eine Vertiefung, auf dieser eine Erhabenheit entstehen, welcher Umstand vermuthen lässt, dass der Lichtglanz durch äusserst kleine glühende Kohlenpartikelchen bewirkt wird, die in grosser Anzahl vom Strome mit fortgerissen werden. Ueberlässt man die Kohlen sich selbst, so wird, da stets etwas Kohle verbrennt, ihre Entfernung von einander immer grösser, und der Lichtbogen immer gestreckter, so dass er zuletzt aus zwei konischen Flammen zu bestehen scheint, die an ihren Anfangspunkten am stärksten, und in ihrer Vereinigung am schwächsten leuchten. Wird endlich die Entfernung so gross, dass der Strom die leitenden Kohlenpartikelchen nicht mehr

*) Poggend. Ann. LIV, St. 1

von der einen Kohle zur andern hinüber zu bewegen vermag, so erlischt die Flamme. Die stete Bewegung der Kohlenpartikelchen, sowie die durch dieselbe erhitzte Luft bewirken, dass die äussere Begränzung des Lichtbogens in keinem Falle schroff abgeschnitten, sondern in eine schwächer leuchtende Atmosphäre zu verlaufen scheint; die nach Oben sich weiter ausdehnt, als nach Unten.

Bildet rohe Kohle, so zubereitet, wie die negativen Erregerplatte der Säule selbst, die beiden Lichterzeuger, so zeigt sich der Bogen nur so lange zwischen ihnen, als sie nicht über 5mm von einander entfernt sind*); die Flamme selbst ist unruhig, und von einem knisternden Geräusch begleitet. Werden aber zwei Kohlenspitzen vorher in verschiedene Lösungen z. B. von salpetersaurem Strontian, Borsäure etc. eingetaucht, stark geglüht, und dann als Lichterzeuger in den Kreis der Säule eingeschaltet, so zeigt sich nach vorgängiger Berührung ein sehr ruhiger, je nach der angewandten Substanz verschieden gefärbter Lichtbogen, der selbst noch bei einer Entfernung von 7 bis 8mm nicht erlischt, und von keinem bemerkbaren Geräusch begleitet ist.

Interessant ist es, die Leuchtkraft des Lichtes dieses Flammenbogens mit der anderer Lichtquellen zu vergleichen; ich habe daher im Vergleich zu der Lichtintensität einer gewöhnlichen Stearinkerze die der Lichtbogen gemessen, welche rohe und in Lösungen von salpetersaurer Strontianerde, Aetzkali, salpetersaurem Kupferoxyd, Chlorzink, Kochsalz, Borsäure, Borax und schwefelsaurem Natron eingetauchte Kohlen erzeugten. Die Kupfer-, Borsäure-, und Strontian-Flam-

*) Diese Massangaben beziehen sich natürlich nur auf eine Säule von der Stärke der angewandten.

men zeigten beziehungsweise eine bläuliche, grünliche und rothe, die andern eine mehr oder weniger gelbe Färbung.

Die bisher üblichen Methoden der Lichtmessung sind zur Vergleichung zweier, sehr verschieden intensiver, und verschieden gefärbter Lichter vollkommen unbrauchbar, weil die verchiedenen Farben stets durchaus falsche Resultate bedingen; ich wandte daher ein vom Herrn Professor Bunsen zu diesem Zwecke eigens construirtes Photometer als Messinstrument an, bei welchem jene Fehlerquelle nur in höchst geringem Masse zu fürchten ist. Sein wesentlichster Theil ist ein Stückchen feines Papier von rechteckiger Form, 4 bis 5^{mm} breit und 10 bis 12^{mm} lang, welches zwischen zwei andere quadratische Stückchen desselben Papiers von etwa 6 bis 7 □^{cm} Grösse gelegt wird. Letztere werden wieder zwischen zwei mattgeschliffene Glasplatten von derselben Grösse gelegt. — In der einen Wand eines rings verschlossenen prismatischen Holzkastens abcd Fig. XVI. befindet sich bei e eine kreisrunde Oeffnung von 2 bis 3^{cm} Durchmesser, hinter welche jene zusammengeschichtete Platten so gelegt, und durch hölzerne Querleisten fest geklemmt werden, dass das kleinste Papierstückchen in der Mitte des Kreises sich befindet. Wo die Axe fg des Kastens die Wände ab und cd trifft, werden ebenfalls kreisrunde Löcher eingeschnitten, und die ganze Vorrichtung auf eine möglichst gleichförmige brennende Benklersche Lampe so aufgesetzt, dass der Glascylinder derselben durch die Löcher bei f und g hindurchgeht, und die Flamme mit dem Papierstückchen in einer und derselben horizontalen Linie liegt. In einem vollkommen verdunkelten Zimmer erblickt man dann nur die Oeffnung e dieses Instrumentes transparent erleuchtet, und zwar so, dass das kleine Papierstückchen in der

Mitte dunkler gegen seine Umgebung erscheint. (Zur bequemern Bezeichnung will ich ersteres P, letztere U, und die Lampenflamme L nennen). Nähert man sodann in einer Linie mit P und L von vorn gegen U ein zweites Licht l_0, so bemerkt man zuerst keine auffallende Veränderung in dem Unterschiede der Beleuchtung von P und U; ist jedoch das Licht l_0 an U so nahe gerückt, dass seine Wirkung darauf die von L übertrifft, so erscheint P gegen U heller. Zwischen beiden Zuständen liegt einer in der Mitte, in welchem beide gleich hell sind, und die Entfernung = z, von U, in der l_0 diesen Zustand hervorruft, ist das, was durch das Instrument zunächst bestimmt werden soll. Wenn l_0 und L nicht Licht von einerlei Farbe ausstrahlen, so sind auch P und U jedoch nur in äusserst geringem Grade verschieden gefärbt. Dennoch hält es auch in diesem Falle nicht schwer, die Grösse von z genau zu bestimmen. Experimentirt man nämlich in der Art, dass l gegen U bald über z genähert, bald darüber entfernt, und P dadurch gegen U abwechselnd, bald evident heller, bald evident dunkler erscheint, so kann man z in immer engere und engere Grenzen einschliessen; und nimmt man vielleicht noch gewisse Merkmale zu Hülfe, z. B. die beginnende Verdunkelung eines Theils von P, etwa der Ränder, der obern oder untern Hälfte etc., so gelangt man bald zu der nöthigen Uebung, um z fast absolut genau bestimmen zu können. Bedingt ein anderes Licht l_1 den Zustand gleicher Beleuchtung von P und U aus der Entfernung z_1, so verhalten sich die Gesammtintensitäten von l_0 und l_1, wie $z^2 : z_1^2$.

Zur schätzenden Vergleichung des Lichtes der erwähnten Flammenbogen mit dem einer gewöhnlichen Stearinkerze ist dieses Instrument vollkommen ausreichend, weil bei ihr selbst ein Fehler von 1 bis 2

Zollen nicht in Betracht kommen kann. Wollte man jedoch absolut genaue Messungen mit ihm vornehmen, so müsste man natürlich eine stets gleichmässig brennende Flamme statt L anwenden. In jedem Falle gibt es aber genauere Resultate, als die Methoden von Rumford oder Ritchie, weil die der letztern durch Farbenverschiedenheit bedeutend unsicher werden.

Um die Genauigkeit dieses neuen Lichtmasses mit dem Rumfordschen zu vergleichen, stellte ich folgende Versuche an:

1) Es wurde das z für eine gewöhnliche Stearinkerze 20 Mal hintereinander bestimmt, und daraus nach der Methode der kleinsten Quadrate*) der mittlere Fehler m, den man bei einer solchen Anzahl von Beobachtungen für jede einzelne, und der μ, den man für das Mittel fürchten muss, beide in Zollen berechnet.

Grösse von z in Zollen.	Abweichung vom Mittel.	Grösse von z in Zollen.	Abweichung vom Mittel.
5,25 . . .	— 0,0825	5,10 . . .	+ 0,0675
5,40 . . .	— 0,2325	5,00 . . .	+ 0,1675
5,00 . . .	+ 0,1675	5,10 . . .	+ 0,0675
5,30 . . .	— 0,1325	5,10 . . .	+ 0,0675
5,20 . . .	— 0,0325	5,00 . . .	+ 0,1675
5,00 . . .	+ 0,1675	5,20 . . .	— 0,0325
5,20 . . .	— 0,0325	5,20 . . .	— 0,0325
5,10 . . .	+ 0,0675	5,30 . . .	— 0,1325
5,25 . . .	— 0,0825	5,25 . . .	— 0,0825
5,20 . . .	— 0,0325	5,20 . . .	— 0,0325

Mittel = 5,1675″ m = 0,11524″

μ = 0,02577″

2) Die Lampe, von dem aufgesetzten Kasten befreit, erleuchtete aus einer Entfernung von 8,5″ einen

*) Gerling: Die Ausgleichungsrechnung der praktischen Geometrie pag. 38—42.

0,75″ dicken cylindrischen Holzstab, der seinen Schatten auf eine 4,6″ von ihm entfernte weisse Fläche warf; — es wurde eine Stearinkerze so aufgestellt, dass der durch sie bewirkte zweite Schatten des Holzstabes dicht neben den ersten fiel, und demselben genau gleich erschien. Der erste Schatten hatte eine gelbliche, der zweite eine bläuliche Färbung. Die Entfernung der Stearinkerze von dem Stabe wurde gemessen, und diese Beobachtung zwanzigmal wiederholt. Wie man sieht, weichen die einzelnen Beobachtungen mehr von einander ab, wie die obigen, weshalb sich nach derselben Rechnungsmethode ein grösserer zu befürchtender Fehler ergibt, sowohl für die einzelne Beobachtung, als für das gezogene Mittel.

Einzelne Beobachtung in Zollen.	Abweichung vom Mittel.	Einzelne Beobachtung in Zollen.	Abweichung vom Mittel.
5,5 . . .	— 0,355	5,5 . . .	— 0,355
5,1 . . .	+ 0,045	4,8 . . .	+ 0,345
5,1 . . .	+ 0,045	5,4 . . .	— 0,255
4,8 . . .	+ 0,345	5,0 . . .	+ 0,145
5,1 . . .	+ 0,045	5,6 . . .	— 0,455
5,1 . . .	+ 0,045	5,0 . . .	+ 0,145
4,9 . . .	+ 0,245	5,4 . . .	— 0,255
5,5 . . .	— 0,355	5,2 . . .	— 0,055
5,0 . . .	+ 0,145	4,9 . . .	+ 0,245
5,0 . . .	+ 0,145	5,0 . . .	+ 0,145

Mittel = 5,145″ $m = 0{,}26794''$

$\mu = 0{,}059912''$

Es sollte durch jede der beiden Beobachtungen eine gewisse Grösse ausgemittelt, und berechnet werden, welche von beiden am genauesten beobachtet worden sei. Da aber der Zustand der beiden Lichter nicht stets genau derselbe blieb, so wurde schon dadurch ein Fehler

bedingt, und in der That sehen wir die Zahlen eines jeden der beiden Versuche in gewisse Gruppen zerfallen, welche sich dadurch auszeichnen, dass in ihnen lauter Abweichungen vom Mittel mit demselben Vorzeichnen, untereinander stehen, und dass in ihnen ein Wechsel der Vorzeichen seltner statt hat. Die Beobachtungen wurden in der Ordnung angestellt, in welcher sie hier stehen, weshalb diese Gruppirung deutlich auf einen Wechsel in dem Zustande der Lichter hinweis't. Dieser Wechsel kann aber bei dem ersten Versuche nicht anders gewesen sein, als beim zweiten, da beide unter denselben Umständen angestellt wurden, und die Differenz in den entstandenen Irrthümern muss daher in einer geringern Sicherheit der zweiten Methode ihren Grund haben.

Bei den Versuchen über die Lichtintensität des galvanischen Flammenbogens, wurde das Photometer auf einem langen Brette so aufgestellt, dass jener mit P und L in einer horizontalen Linie lag, und die Entfernung z in welcher P und U gleiche Beleuchtung zeigten, an einer auf diesem Brette aufgetragenen Scala gemessen, deren Nullpunkt senkrecht unter dem Flammenbogen lag. Während dieser unten näher anzuführenden Versuche wurde zwischendurch öfters die Entfernung bestimmt, in welcher eine Stearinkerze P und U in den Zustand gleicher Beleuchtung versetzte, die ich hier und in der Tabelle α nennen will. Begreiflicherweise konnten diese letztern Versuche keine vollkommne Uebereinstimmung geben, weil sowohl die Lampenflamme, wie die Stearinkerze sich änderten. Da jedoch diese Aenderungen die Kerze sicher mehr betrafen, als die Lampenflamme, so glaube ich ein nur in den Grenzen weniger Zolle unsicheres Resultat mitzutheilen (was bei der Grösse der resultirenden Zahlen von keinem Belang sein kann), wenn ich sämmt-

liche Versuche in einzelne Parthien theile, und für jede Parthie den vorgängigen Zwischenversuch mit der Kerze als Einheit der Rechnung zum Grunde lege.

Die Versuche in der ersten Tabelle wurden mit einer Säule von 44, die in der zweiten mit einer von 34 Paaren angestellt, welche schon längere Zeit in Gebrauch gewesen war *).

Den bei Weitem grössten Theil seiner Leuchtkraft verdankt der Lichtbogen seinen kreisförmigen glühenden Anfangspunkten, welche ungefähr 1,5 bis $2^{\square mm}$ gross sein mögen. Es lässt sich jedoch ihre Grösse eben so wenig, wie die einer Stearinkerzenflamme ausmitteln, und daher das Verhältniss der absoluten Intensität jener Lichter nicht in genauen Zahlen darstellen. Die Zahlen der Tabelle unter der Ueberschrift „Intensität“ geben nur an, wievielmal das Licht, welches von den beiden kleinen Kreisen ausging, intensiver war, als das, welches von der um Vieles grössern Kerzenflamme ausstrahlte; nicht aber, um wieviel das Licht eines Punktes der beiden Kreise das eines Punktes der Kerze an Intensität übertraf. Schätzt man jedoch die Länge einer gewöhnlichen Stearinkerzenflamme auf etwa 30^{mm}, ihren grössten Durchmesser auf 5^{mm}, und betrachtet man sie als einen vollkommenen Cylinder, so ist ihre leuchtende Oberfläche etwa $470^{\square mm}$ gross. Nimmt man nun die Grösse eines leuchtenden Kohlenpunktes, um runde Zahlen zu haben, zu $2^{\square mm}$, die des erleuchtenden Theils der Kerzenflamme zu $200^{\square mm}$, so würde die nach den Versuchen berechnete Intensität des galvanischen Lichtes noch 100mal grösser sein, als sie die folgende Tabelle angibt, und das Maximum der durch

---

*) vide pag. 41.

diese Flammenbogen erhaltenen Lichtintensität die einer Kerzenflamme um 117130 übertreffen.

Da das Licht des Flammenbogens sich während seiner ganzen Dauer nicht gleich bleibt, sondern mit der grössern Entfernung der Pole von einander weniger intensiv wird, so wurden vorzüglich die Maxima und Minima desselben durch die Grösse von z zu bestimmen gesucht. Letzteres fällt immer kurz vor das Verlöschen. Die Beobachtungen der Stromstärken wurden gleichzeitig an der Tangentenboussole vorgenommen (Spalte 5 u. 6 der ersten, 4 u. 5 der zweiten Tabelle); zugleich war eine Vorrichtung getroffen, dass die Kette plötzlich geöffnet werden konnte, ohne dass die Kohlenspitzen von einander entfernt zu werden brauchten. Dadurch war ich im Stande, die zu einem bestimmten Flammenbogen gehörende Entfernung der Kohlenspitzen mit einem Zirkel zu messen, welche für jeden Versuch in der 4ten Spalte sich findet. Die Substanz, mit welcher die angewandte Kohle getränkt war, zeigt die erste Spalte.

(Hier folgt Tabelle E.)

Substanz der Kohle.
Reine Kohle.
Salpetersaure Strontianerde.
Aetzkali.
Salpetersaures Kupferoxyd.
Zinnchlorid.
Borax mit Schwefelsäure gemischt.

*) Es versteht sich
welches immer
zur Zusamm
verstanden w

Diese Versuche beweisen, dass bei Anwendung derselben Substanz das Maximum der Lichtintensität mit dem Minimum der Entfernung der Kohlenspitzen, also dem Minimum der Länge des Flammenbogens, zusammenfällt, und geben die Andeutung, dass wahrscheinlich Lichtintensität und Stromstärke in einem ähnlichen Verhältnisse stehen. Von der letzten Behauptung macht die Beobachtung mit der Kupferkohle eine Ausnahme, während alle andern damit übereinstimmen. Diese Ausnahme hat wahrscheinlich in der leichten Beweglichkeit sowohl des ganzen Bogens, als auch der glühenden Anfangspunkte ihren Grund, welche, durch eine magnetische Eigenschaft des Bogens bedingt, in gewissen Stellungen auffallender, als in andern hervortritt, und ihn wahrscheinlich bestimmte, dem Photometer nicht immer sein ganzes Licht zuzukehren. Da möglichen Falls bei den übrigen Versuchen dieselbe Fehlerquelle wirksam gewesen sein konnte, und es nicht weiter nöthig schien, Massbestimmungen der Entfernungen der Kohlenspitzen anzustellen, so wurde bei den Versuchen der folgenden Tabelle dem Flammenbogen durch die Richtkraft eines Magneten eine feste Stellung ertheilt, während der ganzen Dauer des Flammenbogens die Kette geschlossen gelassen, und das z für verschiedene Stadien seiner Leuchtkraft zugleich mit der Stromstärke bestimmt. Die Versuche mit einer von schwefelsauerm Natron erfüllten Kohle, welche nach dem Eintränken in die Lösung absichtlich nicht geglüht war, wurden mit drei verschiedenen, die andern nur mit einem Flammenbogen gemacht. Die Inhalte der einzelnen Spalten der Tabelle werden aus den Ueberschriften hinlänglich verständlich sein.

Substanz der Kohle	*a in Zollen*	*Intensität*	*Ablenkungswinkel*	*Stromstärke*	*a in Zollen*
Borsäure	105,5	197,8	34°	39,644	7,5
	119,5	253,8	40°	49,317	
	129,5	298,1	43°	54,808	
Borax	107,5	205,4	38°	45,976	7,5
	116,5	241,3	39°	47,593	
Schwefelsaures Natron I	100,5	236,6	32°	36,726	6,5
	116,5	321,2	36°	42,702	
	130,0	400,0	37°	44,289	
Schwefelsaures Natron II	100,0	177,7	32°	36,725	7,5
	100,0	177,7	32°	36,725	
	107,0	203,5	34°	39,644	
	115,0	234,5	38°	45,976	
	139,0	346,0	40°	49,317	
	154,0	421,0	42°	52,921	
	155,0	427,0	43°	54,808	
	161,0	460,8	44°	56,761	
Schwefelsaures Natron III	123,5	211,0	31°	35,314	8,5
	136,5	221,4	32°	36,725	
	141,0	275,1	33°	38,169	
	155,0	332,5	41°	51,060	

Hieraus folgt, dass mit der **zunehmenden Stromstärke** auch die **Leuchtkraft des Lichtbogens** zunimmt. Da nun seine Leuchtkraft zunimmt, wenn seine Länge abnimmt, so leistet er einen desto geringern Widerstand, je kürzer er ist, und stimmt in dieser Eigenschaft mit jedem andern Leiter überein; je kürzer er übrigens ist, desto konstanter ist die Leuchtkraft und die Stromstärke.

Das Licht des Bogens eignet sich vollkommen gut zum Daguerotypiren. Herr Professor **Bunsen** nahm während der eben erwähnten Versuche bei einer Stromstärke von 27° 30′ = 30,667 ein Lichtbild eines Kupferstiches, auf, welcher vom Flammenbogen 9″ weit entfernt stand. Die Silberplatte war nach Gutdünken jodirt, dann 20 Sekunden lang über Bromdämpfen in einen dunklen Raum gehalten, und 2½ Minute lang dem einwirkenden Lichte ausgesetzt worden. Am andern Tage, Mittags zwischen 12 und 1 Uhr, lieferte die 2 minutenlange Einwirkung des Tagslichtes bei rings bedecktem Himmel im Freien, auf einer eben so präparirten Silberplatte, ein weniger vollkommnes Bild desselben Gegenstandes.

Wenn das Licht des Bogens, durch ein convexes Glas concentrirt, auf einer weissen Fläche aufgefangen wurde, zeigten sich zwei in derselben Stellung wie die Anfangspunkte des Bogens zu einander stehende Lichtkreise. Einen hierher gehörigen Versuch, bei welchem das angewandte Glas polarisirende Eigenschaften hatte, will ich näher beschreiben. Die Kohlenspitzen standen in senkrechter Stellung übereinander, die Anode oben, die Kathode unten; beide ebenfalls senkrecht übereinander stehende Bilder hatten in der Mitte einen dunkeln Punkt, darum herum ein weisses Kreuz von der Form Fig. XVII. Die Fläche des einen war lilla, der Rand nach Innen zu gelb, nach Aussen lebhafter roth gefärbt;

das ganze untere, welches von schiefen durch das Glas fallenden Strahlen erzeugt, und daher weniger vollkommen ausgedrückt wurde, war gelblich, hatte aber um das Kreuz herum auf seiner ganzen Fläche einen bläulich grauen Anflug, und ebenso wie das obere, einen gelben innern und rothen äussern Rand. Bei Erlöschen des Lichtbogens blieb das untere Bild noch einige Zeit sichtbar, während zu gleicher Zeit die Kohle der Anode noch glühte. Die Bilder wurden daher blos von den glühenden Anfangspunkten des Bogens erzeugt, und der Raum der auffangenden Fläche zwischen ihnen zeigte keine weitere Beleuchtung, als der andere Theil auch. Ein anderes Brennglas bewirkte blos die Abbildung zweier weisser leuchtender Kreise; — die Polarisationserscheinung hatte also ihren Grund lediglich in dem angewandten Glase gehabt.

Magnetische Eigenschaften des Lichtbogens.

Durch die Bewegung der erhitzten Luft wird der Lichtbogen bestimmt, stets eine nach Oben gewölbte Biegung anzunehmen, die nur durch secundäre Attraktionskräfte in eine entgegengesetzte verwandelt werden kann. In seiner Stellung zum Horizont zeigt der Bogen aber eine auffallende Verschiedenheit, indem er von dem galvanischen Strome, den man sich am Aequator um die Erde (unter allen Magnetnadeln) von Osten nach Westen herumgehend denken kann, bald angezogen, bald abgestossen wird. Denkt man sich die erzeugenden Kohlenspitzen horizontal liegend, und durch die glühenden Anfangspunkte des Lichtbogens eine senk-

rechte Ebene, so liegt der höchste Punkt des Bogens nie in dieser Ebene, sondern mehr oder weniger weit auf der einen Seite davon entfernt. Wenn man die Kohlenspitzen in verschiedenen Stellungen einen Lichtbogen bewirken lässt, so bemerkt man bald eine auffallende Regelmässigkeit in diesen Abweichungen. Ich habe darüber einige Versuche angestellt, in der Art, dass ich die Kohlenspitzen in die Klemmen a u. b des Polhalters (Fig. II.) einschrob, beide Arme dieses Instruments stets ganz in derselben Horizontalebene hielt, die Klemmen P u. N mit den Polen einer vielpaarigen Säule in Verbindung brachte, und die Abwechslungen in der Richtung des Stroms durch die Stellung des Tisches erzeugte, auf welchem der ganze Apparat feststand. Die folgende tabellarische Uebersicht, in welcher sich die Bezeichnungen N, O, S u. W auf den magnetischen Meridian beziehen, enthält die genau übereinstimmenden Resultate zweier Versuchsreihen.

Richtung des Stromes.	Abweichung des höchsten Punktes des Bogens aus der Vertikalebene
von N nach S	nach O
„ NW „ SO	„ NO
„ W „ O	„ N
„ SW „ NO	„ NW
„ S „ N	„ W
„ SO „ NW	„ SW
„ O „ W	„ S
„ NO „ SW	„ SO

Wie man sieht, stimmen diese sämmtlichen Erscheinungen mit der Theorie überein, — wonach parallele und gleichgerichtete Ströme sich anziehen, parallele und entgegengesetzte sich abstossen; und zwei sich kreuzende sich anziehen, wenn beide nach dem Convergenz-

punkte hin, oder von ihm fortlaufen, in den übrigen Fällen sich abstossen, — sobald man nur jenen erwähnten Erdstrom mit dem in Rede stehenden combinirt. Die Symmetrie des Bogens wird bei diesen Ablenkungen nicht gestört, was ohne Zweifel darin seinen Grund hat, dass der Lichtbogen selbst als Theil desselben Stromes von beiden Kohlenspitzen in gleichem Masse abgestossen wird.

Leider konnte ich bis jetzt über kein passendes Instrument disponiren, um die Richtung des Flammenbogens zu untersuchen, wenn die Kohlenspitzen in senkrechten oder verschiedenen andern Stellungen zum Horizont stehen. Ich habe zwar versucht, durch zweckmässige Richtung der Arme der beweglichen Polhalter solche Stellungen hervorzubringen, habe aber zu abweichende Resultate erhalten, als dass Schlüsse daraus gezogen werden könnten. Es wirken natürlich auf den Lichtbogen alle Molleküle des Reophors, von dem er ein Theil ist, anziehend oder abstossend. Liegt der Bogen zu den übrigen Theilen symmetrisch, so lassen sich diese in zwei Abtheilungen bringen, deren Wirkungen sich neutralisiren; liegt er aber nicht symmetrisch, so wird stets die Wirkung einer Abtheilung vorherrschen, und die Ablenkung zum Theil von sich abhängig machen. Es war nun nur in den oben angeführten Versuchen möglich, den Armen der Polhalter eine solche symmetrische Stellung zu geben.

Aus einzelnen Beobachtungen lässt sich schliessen, dass das Verhalten des Bogens in diesen Modifikationen interessante Resultate liefern wird, und ich hoffe, bald noch Gelegenheit zu haben, dieselben mit zweckmässigen Vorrichtungen erforschen zu können. Bisweilen beobachtet man eine genau ellipsoidische Form des Lichtbogens, bisweilen ein Rotiren desselben, mit oder ohne seine glühenden Anfangspunkte in einer bestimm-

ten Richtung. Diese einzelnen Beobachtungen entbehren aber bis jetzt noch des erwünschten Zusammenhanges miteinander.

Ausser diesem Verhalten des Lichtbogens gegen den terrestrischen galvanischen Strom, oder, wie man auch sagen kann, gegen den terrestrischen Magnetismus, ist noch besonders das gegen künstliche Magnete charakteristisch, über welches ich ebenfalls einige Versuche angestellt habe.

Während der Strom senkrecht zum magnetischen Meridian in horizontaler Richtung von Osten nach Westen ging, also ursprünglich der Bogen eine südliche Ablenkung zeigte, wurde ein Magnetstab in horizontaler Richtung unter und über, in senkrechter rechts und links von dem Strome in einer Entfernung von etwa 2 bis 3 Zollen so gehalten, dass seine Axe in die Ebene des magnetischen Meridians fiel. Die dadurch hervorgebrachten Ablenkungen, welche die folgende Tabelle zeigt, setzen der Erklärung keine Schwierigkeit entgegen; der Lichtbogen wurde von dem Magneten angezogen, wenn letzterer in einer Stellung sich befand, in welche eine bewegliche Magnetnadel durch den Strom gebracht worden wäre, abgestossen dagegen, wenn er sich in der entgegengesetzten befand. Die zweite Spalte der Tabelle zeigt die Richtung an, nach welcher der Nordpol des Magneten während der Versuche stand.

Stellung des Magneten zum Lichtbogen	*Richtung des Nordpols des Magneten*	*Ablenkung des Flammenbogens aus der ursprünglichen Stellung.*
1) Unter	Nach S	Nach S, weit mehr als ursprünglich und mit der Wölbung nach Unten
2) Südlich	Nach Oben	Nach S, etwas mehr nach Unten als ursprünglich, u. etwas weniger, als in Nr. 1.
3) Ueber	Nach N	Etwas weniger nach S, als ursprünglich
4) Nördlich	Nach Unten	Etwas nach Norden.
5) Unter	Nach N	Nach N, mit der Wölbung nach Oben.
6) Südlich	Nach Unten	Weiter nach N, als in Nr. 5.
7) Ueber	Nach S	Noch weiter nach N als in Nr. 6, mit der Wölbung nach Unten.
8) Nördlich	Nach Oben	Nach Süden mit der Wölbung nach Unten.

Wurde ein Hufeisenmagnet dem Flammenbogen so genähert, dass sein Nordpol über, sein Südpol unter dem Strome stand, wie Fig. XVIII zeigt, wo a die Stelle des Bogens bedeutet, und der Strom in der Richtung des Pfeils geht, und alsdann mit dem Nordpol voran um den Strom so herumbewegt, dass derselbe stets zwischen den beiden Polen blieb, so wurde der Bogen bei jeder Stellung des Magneten in das Hufeisen hineingezogen; nach Verwechslung der Pole des Magneten, und Wiederholung desselben Experiments neigte der Bogen sich aus dem Hufeisen heraus.

Wird ein Stahlstab statt eines Kohlenpols als Electrode angewandt, so entsteht zwischen ihm und der andern Kohle ein ähnlicher Flammenbogen, welcher, wenn der Stahlstab magnetisch ist, um diesen herumrotirt.

Die Richtung des Stroms war bei meinen Versuchen über diesen Gegenstand von Westen nach Osten, in horizontaler Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian.

1) Der Magnetstab war mit seinem Nordpol in die eine Klemme des beweglichen Polhalters im Osten eingespannt, so dass sein Südpol der Kohlenspitze gegenüber stand, und der Strom in ihm vom Südpol zum Nordpol ging; — die Rotation des Bogens geschah von Norden unten herum nach Süden.

2) Wo eben der Nordpol eingespannt war, wurde der Südpol eingespannt, so dass jetzt im Magneten der Strom vom Nordpol zum Südpol ging; — der Bogen rotirte im entgegengesetzten Sinne.

3) Kohlenspitze und Magnetstab wurden umgewechselt, der letztere mit seinem Nordpol im Westen eingespannt, so dass der Strom in ihm vom Nordpol zum Südpol, und von da zur Kohle ging; — die Rotation war wie in Nr. 1.

Die Pole des Magneten wurden abermals umgekehrt, so dass der Strom von seinem Südpol zu seinem Nordpol, und von da zur Kohle ging; — der Bogen rotirte wie in Nr. 2.

Wäre der Flammenbogen unbeweglich, der Magnet dagegen beweglich gewesen, so würde jener denjenigen Pol von diesem, mit dem er in Berührung stand, nach irgend einer Richtung abgelenkt haben, und zwar, da der Flammenbogen nach oben ausgebogen war, und seine glühenden Anfangspunkte sich auf dem Magneten und der Kohle möglichst weit nach oben begeben hatten, er selbst also gleichsam über dem Magneten schwebte, den Südpol des Magneten in Nr. 1 u. 3 nach Süden; den Nordpol in Nr. 2 u. 4 nach Norden. Da aber der Magnetstab unbeweglich und der Lichtbogen beweglich war, so musste dieser in der entgegengesetzten Richtung rotiren.

Es verhält sich demgemäss der Flammenbogen, sowohl was den Widerstand, den der cursirende Strom in ihm findet, als auch sein attraktorisches Verhältniss zu magnetischen Kräften betrifft, genau so, wie jeder andere feste Leiter der galvanischen Electricität.

Ueber das electrochemische Aequivalent des Wassers.

Faraday*) hat zuerst folgende Gesetze bewiesen:

1) Wenn einem hydroelectrischen Strome an verschiedenen hintereinander liegenden Stellen seines Weges Wasser zum Durchgange geboten wird, so zersetzt er an allen gleiche Quantitäten desselben.

2) Diese Quantitäten sind unabhängig von der Grösse der Electroden, durch welche der Strom in die Flüssigkeit ein- und austritt.

3) Die beim Durchgange des hydroelectrischen Stroms durch wässrige Lösungen vieler Substanzen frei werdenden Körper, werden nicht immer durch die Action des Stromes, sondern oft durch einen chemischen Process erzeugt, indem der Wasserstoff oder Sauerstoff des in Zersetzung begriffenen Wassers auf die aufgelösten Substanzen einwirkt. So reduzirt z. B. in einer Kupfervitriollösung der durch den Strom erzeugte Wasserstoff das Oxyd und lässt Kupfer metallisch an der Kathode auftreten; so entzieht in der Auflösung von schwefelsauerm Ammoniak der Sauerstoff der Basis den Wasserstoff, und es erscheint der Stickstoff gasförmig an der Anode.

---

*) Poggend. Ann. XXXIII.

4) Derselbe hydroelectrische Strom aber zersetzt von wässrigen Lösungen solcher Substanzen, welche weder von ihm selbst, noch von dem freigewordenen Wasserstoff und Sauerstoff verändert werden, immer dasselbe, von der Stärke der Lösung und der chemischen Zusammensetzung unabhängige Quantum Wasser.

Faraday schloss hieraus, so wie aus frühern Untersuchungen *), „dass, wenn man Wasser dem electrischen Strome unterwirft, eine Menge von ihm zersetzt wird, welche genau der durchgegangenen Electricitätsmenge, (d. h. der Stromstärke) proportional ist," und gründete auf dies Gesetz die Construction des bekannten und vielfach angewandten Voltameters, mit welchem die Stärke eines Stromes nach dem Volumen, entweder des Wasserstoffs allein, oder des Knallgases, welche derselbe in einer gegebenen Zeit aus Wasser entwickelt, gemessen wird.

Mit Hülfe dieses Instruments wurde er in den Stand gesetzt, noch folgende Gesetze zu beweisen:

5) Wenn derselbe Strom durch das Voltameter und durch mehre andere flüssige aber wasserfreie Electrolyte hindurchgeht, bei deren Zersetzung keine secundäre chemische Action stattfindet, so stehen die Quantitäten der frei gewordenen electropositiven Bestandtheile untereinander, und zu der des Wasserstoffs im Verhältniss ihrer respectiven chemischen Atomgewichte. Dasselbe Verhältniss findet zwischen den Quantitäten des Sauerstoffs und der übrigen electronegativen Zersetzungsprodukte statt.

6) Wenn der Strom durch das Voltameter, und durch eine wässrige Lösung eines Electrolyten geht,

*) Poggend. Ann. XXIX, pag. 379.

so wird in letzterer sowohl das Wasser als der Electrolyt zerlegt. Diese Zersetzung geschieht zwar nicht immer in einem von der Stärke der Lösung unabhängigen Verhältnisse *), stets aber so, dass die frei gewordene Quantität des electropositiven Bestandtheils des Electrolyten zu der Differenz der Wasserstoffquantitäten im Voltameter und der Lösung im Verhältniss der chemischen Aequivalente steht.

Es ergiebt sich daraus der für die Theorie des Galvanismus ungemein wichtige Satz, »dass die chemische Kraft eines electrischen Stromes direkt seiner Stärke proportional ist.«

Wenn es nun auch den Faraday'schen Versuchen nicht an Beweiskraft für die Richtigkeit dieses Gesetzes gebricht, so muss es doch interessant sein, dasselbe noch auf andre Weise zu bestätigen, namentlich seitdem andere Mittel, als die Wasserzersetzung angegeben worden, um die Stärke eines Stromes nach absolutem Masse zu bestimmen. Webers Tangentenboussole ist dazu wohl am geeignetsten, weil sie selbst den Strom nicht im Mindesten schwächt, und man die Ablenkungswinkel ungemein rasch hintereinander ablesen kann, ohne den Kreis, über welchem die Nadel sich bewegt, aus der Stelle bringen zu müssen.

Man hat es vollkommen in seiner Gewalt, den Strom einer galvanischen Säule durch Vermehrung des ausserwesentlichen Leitungswiderstands beliebig zu schwächen, und daher mittels desselben Apparates Ströme von der verschiedensten Stärke zu erzeugen. Wenn man diese während der verschiedensten Zeitlängen durch Wasser hindurch gehen lässt, dabei an der Boussole ihre Stärke misst, und aus der zersetzten

*) L. c. pag. 445.

Wasserquantität jedesmal berechnet, wieviel Wasser die Einheit des Stromes in der Zeiteinheit zersetzt haben würde, so muss sich in allen Fällen dieselbe Zahl ergeben, welche man das electrochemische Aequivalent des Wassers nennen kann. Herr Prof. Weber hat dasselbe nach diesem Princip in Milligrammen ausgedrückt = 0,009376 gefunden; er bediente sich dabei kleiner Platindrähte als Electroden, bestimmte das zersetzte Wasserquantum aus dem Volumen der entwickelten Gase, und mass die Stärke des wirkenden Stromes an einem besonders dazu construirtem Apparate*).

Ich habe dasselbe zu bestimmen gesucht, indem ich drei verschiedene Arten von Lösungen durch Ströme von der verschiedensten Stärke, während der verschiedensten Zeitdauer zersetzen liess. Die Stromstärke wurde wie gewöhnlich an der Tangentenboussole gemessen, welche, da die Nadel 35^{mm}, und der Ringdurchmessnr über 403^{mm} betrug, und die Ablesung des Winkels mit ziemlicher Genauigkeit gemacht werden konnte, zu dieser absoluten Massbestimmung vollkommen ausreichen musste. Die Berechnung der Stromstärke g geschah nach der bekannten Formel. Der Ablenkungswinkel wurde von 15 zu 15 Sekunden abgelesen, und die mittlere Tangente der sämmtlichen der Berechnung zum Grunde gelegt, was, da der Strom sich nur wenig änderte, ebenfalls genügende Genauigkeit versprach. Zu den Zeitbestimmungen diente eine gewöhnliche Sekundenuhr, welche Herr Prof. Gerling mir zu leihen die Güte hatte, während alle andern benutzten Instrumente die des hiesigen chemi-

*) Poggendorff's Ann. LV. St. 1.

schen Laboratoriums waren. Die Kette konnte mittelst plötzlicher Eintauchung oder Aushebung der Enden i und k der Drähte Fig. XIV in uud aus den Quecksilbernäpfchen, in denen die Enden des Boussolenringes (vide pag. 28) standen in einem beobachteten Zeitmoment geschlossen oder geöffnet werden.

Die Quantität des zersetzten Wassers wurde dem Gewichte nach bestimmt, wozu der Apparat Fig. XIX diente. Zwei Platindrähte pbf und oae, welche an dem einen Ende an Platinplatten, eh und fi, die als Electroden dienen sollten, festgelöthet waren, wurden in enge Glasröhren durch Siegellack festgekittet, so dass sie etwa einen Zoll weit am obern Ende aus den Röhren herausragten. Die Glasröhren gingen durch den verlackten Kork kl eines Glases kml, in welches die Electroden hineinragten; die freien Enden der Platindrähte waren bei a und b rechtwincklig knieförmig umgebogen. In das Glas wurde die zu zersetzende Flüssigkeit so weit eingefüllt, dass sie etwa einen halben Zoll hoch über den obersten Rändern der Platinplatten stand. Durch den Kork ging ferner ein Glasrohr, Asbest enthaltend, welcher mit concentrirter Schwefelsäure getränkt war, und wurde durch eine Kautschuckverbindung mit einem andern Glasrohre in Verbindung gesetzt, welches ebenfalls mit concentrirter Schwefelsäure inbibirten Bimstein enthielt. Der ganze Apparat wurde bei o und p in den Kreis einer meistens vierpaarigen Säule eingeschaltet, deren Schliessung und Wiederöffnung zu Anfang einer bestimmten Minute bewirkt wurde. Das sich währenddem entwickelnde Gas entwich durch die beiden Glasröhren, und wurde dort von dem mechanisch mit fortgerissenen Wasser befreit. Die Electroden waren ein wenig halbcylindrisch gebogen, um ihren Abstand von einander gleichförmiger zu machen, und dadurch einen regel-

mässigern Widerstand in der Flüssigkeit zu erzeugen; die eine war überdies noch mit einer Hülle von Leinewand umgeben; welche mit der Platte selbst gleichsam eine Röhre bildete, in der das hier sich entwickelnde Gas leicht aufsteigen konnte, und verhindert wurde in der Flüssigkeit sich zu verbreiten. Die Vereinigung beider Jonen fand also erst über der Flüssigkeitsoberfläche statt, wo keine freie Platinoberfläche vorhanden war, die deren chemische Wiederverbindung hätte bewirken können. Der Zersetzungsapparat, an welchem das eine Absorbtionsrohr fest war, wurde ebenso wie das zweite Absorbtionsrohr für sich vor und nachher gewogen, nachdem ein Strom von bestimmter Stärke eine bestimmte Zeit lang durch denselben hindurchgegangen war. Der Gewichtsverlust des grössern Apparats, weniger der Zunahme des zweiten Rohrs war die zersetzte Quantität Wasser. Alles mechanisch fortgerissene Wasser wurde aber bei allen meinen Versuchen schon im ersten Rohre absorbirt, so dass das zweite Rohr nie an Gewicht zugenommen hatte. Da das untere Zersetzungsglas sich bei jedem Versuche bedeutend erhitzte, so musste vor der zweiten Wägung stets geraume Zeit gewartet werden. Durch den Kork des Glases ging noch ein kleines Röhrchen c h, welches zu zwei Zwecken diente. Es geschah durch dasselbe nämlich die Entleerung des Glases, wenn man den Apparat so neigte, dass c d senkrecht stand, und bei q Luft einbliess; die Füllung, wenn man die Oeffnung d in die einzufüllende Flüssigkeit tauchte, und bei q einzog. Während der Wasserzersetzung war, natürlich d durch einen kleinen Kork verschlossen. Der zweite Zweck war das, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, welches sich nach der Zersetzung in dem Apparate befand, von der zweiten Wägung dadurch fortzuschaffen, und Luft an deren Stelle zu bringen,

dass bei Wegnahme des Korks bei q Luft eingezogen wurde.

Als Zersetzungsflüssigkeiten wandte ich verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Phosphorsäure und Lösung von schwefelsauerm Natron an; die erstere wenigstens vollkommen frei von Salpetersäure und Salzsäure; das letztere in chemisch reinem Zustande. Die Phosphorsäure war durch Verbrennung von Phosphor erhalten.

Wenn das Glas mit Flüssigkeit frisch gefüllt war, wurde jedesmal vor dem ersten Versuche eine Zeit lang ein Strom hindurchgeleitet, damit sich die Flüssigkeit erst vollständig mit Sauerstoff und Wasserstoff sättigte, und nachher durch Absorbtion kein Verlust entstehen konnte.

Statt der Platten wandte ich bei zwei Versuchen Platindrähte als Electroden an.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche.

Mittlere Stromstärke	Zeitdauer in Sekunden	Quantum zersetzten Wassers in Milligramm.	Zersetzte Flüssigkeit	Grösse jedes der Electroden in Quadratmillimetern.	Electrochemisches Aequivalent des Wassers in Milligrammen	Abweichung vom Mittel
95,720	600	539,2	Schwefelsäure von specif. Gew. = 1,088	180,0	0,009388	— 0,000017
68,110	900	469,5			0,009295	+ 0,000076
26,827	1860	469,3			0,009405	— 0,000034
6,905	7200	468,6			0,009425	— 0,000054
41,402	900	350,6	Phosphorsäure von specif. Gew. = 1,056		0,009409	— 0,000038
31,152	900	264,5			0,009434	— 0,000063
27,867	1560	406,0	Lösung von Schwefelsauerem Natron. Specif. Gew. = 1,056		0,009339	+ 0,0000332
32,288	720	217,0	Schwefelsäure von specif. Gew. = 1,088	11,76	0,009334	+ 0,000037
31,197	900	261,3			0,009303	+ 0,000065
				Mittel	0,009371	

Man kann sich nicht wundern, dass Herr Professor Weber's einzelne Beobachtungen eine geringere Abweichung von einander zeigen, da dessen Apparat zweifelsohne eine noch genauere Beobachtung der Stromstärke zuliess. Weil ich eine grössere Anzahl von Versuchen anstellte, so erhielt ich ein Mittel derselben als electrochemisches Aequivalent des Wassers, welches mit dem Weber'schen auf das Genauste übereinstimmt.

Ausserdem geben die Versuche durch ihre Abwechslung in Stromstärke und Zeitdauer die Gewissheit, dass für das Wasser die Stärke eines Stromes seiner chemischen Action proportional und letztere unabhängig ist von der Natur der zersetzten Flüssigkeit und der Grösse der Electroden.

Eine nähere Betrachtung verdient jedoch noch der Umstand, dass mittels der Lösung von schwefelsauerm Natron das Aequivalent gerade so erhalten worden, wie mittels der andern Flüssigkeiten. Dieses Salz ist ein Electrolyt; wenn man, während ein Strom eine Auflösung von ihm durchläuft, Kurkumäpapier in die Nähe der Kathode, und Lakmuspapier in die der Anode hält, so wird ersteres gebräunt, letzteres geröthet, und die ersten Farben werden wieder hergestellt, wenn man die Papierchen verwechselt. Man muss daher annehmen, dass die chemische Action eines Stromes nur in besondern Fällen, z. B. wenn er durch Lösung von Electrolyten ging, seiner Stärke proportional sei, wenn man nicht noch eine andere Erklärung aufstellen könnte. Denn wenn wir zwei Ströme von ganz gleicher Stärke, gleiche Zeit lang, den einen durch verdünnte Schwefelsäure, den andern durch Glaubersalzlösung gehen, und in beiden Fällen dasselbe Quantum Wasser, im ersten ausserdem nichts mehr, im zweiten noch eine gewisse Quantität Salz

zersetzten sehen, so müssen wir annehmen, dieselbe Menge von Electricität habe in beiden Fällen eine verschieden starke chemische Action ausgeübt.

Man kann jedoch das obige Resultat dadurch erklären, wie schon Daniell gethan, dass man einen Theil des entwichenen Knallgases als durch secundäre chemische Action gebildet annimmt, muss dann aber voraussetzen dass die Atome des Salzes als SO_4 + Na gruppirt sind. Der Strom scheidet dann SO_4 an der Anode, und Na an der Kathode aus; welche Körper beide nicht für sich bestehen können. Der SO_4 verwandelt sich in Schwefelsäure und entwickelt Sauerstoff, das Na zersetzt Wasser und macht Wasserstoff frei.

Bei allen Versuchen machte sich so lange, bis eine Erwärmung des Glases eintrat, bei r ein bedeutender Geruch nach Ozon bemerklich. Wurde der Strom nach Aufhören des Geruchs unterbrochen, und auf's Neue die Kette wieder geschlossen, so zeigte sich der Geruch nur dann, wenn mit der Schliessung bis zur Erkaltung des Zersetzungsapparates gewartet worden war.

Gleichzeitig wurde an der Kathode, mochte sie nun eine Platte, oder ein Draht, mochte die zersetzte Flüssigkeit Schwefelsäure, oder Glaubersalzlösung sein, eine der von de la Rive beschriebenen *) ähnliche Farbenänderung wahrgenommen; sie überzog sich mit einer Lage eines schwarzen Körpers, welcher sogleich verschwand, wenn die Kathode zur Anode gemacht, oder in concentrirte warme salpetersäurefreie Salzsäure eingetaucht wurde **). Der Körper verdankte seine

*) Poggendorff. Ann. LV. pag. 236.

**) Woraus sich ergiebt, dass dieser Körper kein fein zertheiltes Platin gewesen sein kann.

Entstehung nicht etwa der Einwirkung der Flüssigkeit auf den leinenen Ueberzug der Kathode, da er ebensowohl entstand, wenn man letztern fortliess. Um über die Natur des Körpers einigen Aufschluss zu erhalten, stellte ich zwei Versuche an, die aber wegen der höchst unbedeutenden Mengen, in welchen ich ihn erhielt, kein Resultat liefern konnten.

I) Ein Strom von vier Elementen wurde mittels Platinplatten von 840,□mm Oberfläche durch eine Lösung von chemisch reinem schwefelsauren Natron eine Stunde lang hindurchgeleitet. Die Nadel an der Tangentenboussole zeigte dabei Ablenkungen zwischen 17° 6′ und 29° 30′. Die Anode hatte während dieser Zeit 0,0010 grm. abgenommen, und die Kathode um 0,0015 grm. zugenommen. Beide waren, nachdem sie als Electroden gedient hatten, in destillirtem Wasser abgespült, und unter der Luftpumpe getrocknet worden.

II) Es wurde ein achtzelliger Apparat und Electroden von 1680□mm Oberfläche angewandt; der Strom ging drei Stunden lang durch die Zersetzungszelle, und hatte währenddem eine Stärke zwischen 32° 24′ und 49° 6′; der Verlust der Anode war 0, die Menge des schwarzen Körpers betrug 0,0018 grm.

Man sieht, dass diese Quantitäten die Grenzen der Beobachtungsfehler, denen man auch bei den feinsten Wagen ausgesetzt ist, kaum überschreiten. Die grossen Kosten, die der Zinkverbrauch bei diesen Versuchen bedingt, verbieten mir, dies Thema, so interessant es ist, weiter zu verfolgen.

Sollte der in Rede stehende Körper aber vielleicht eine Verbindung von dem Platin mit dem an der Kathode frei werdenden Wasserstoff sein, so würde die Zahl für das electrochemische Aequivalent des Wassers noch einer Correction bedürfen, die aber als verschwindend vernachlässigt werden kann.

Wenn man Chlornatriumlösung durch einen Strom electrolysiren lässt, und dabei amalgamirtes Zink als Anode benutzt, so muss von diesem eine Quantität aufgelös't werden, welches mit dem Wasserquantum, das derselbe Strom in derselben Zeit zersetzt haben würde, im Verhältniss der chemischen Aequivalente steht.

Ich habe diesen Satz durch ein Experiment zu beweisen gesucht, indem ich einen amalgamirten Zinkstreifen in eine mit Kohlsalzlösung gefüllte Thonzelle stellte, die, wie bei der Construction der Zinkkkohlenkette, von Salpetersäure umgeben, in einem Kohlencylinder stand. Die Verbindung von Zink und Kohle geschah wie gewöhnlich durch das Zuleitungssystem; an der Tangentenboussole wurde die Stromstärke beobachtet. Wenn man nicht einen allzu starken Strom sehr lange Zeit wirken lässt, so wird das vorher gut amalgamirte Zink nicht zerfressen, sondern behält eine blanke Oberfläche, so dass man es nach dem Versuche ohne Verlust in destillirtem Wasser abspülen, und unter der Luftpumpe trocknen kann. Den Gewichtsverlust, den es durch den Strom von der Stärke g in der Zeit t erlitt, gibt die dritte Spalte der Tabelle an. Eine auf die Zeiteinheit und die Stromeseinheit berechnete Zahl muss sich zum electrochemischen Aequivalent des Wassers wie das chemische Aequivalent des Zinks zu dem des Wassers verhalten, wenn das unter Nr. 6 aufgeführte Gesetz richtig ist.

Aus Faraday's übrigen Versuchen geht dann noch hervor, dass diese Zahl das electrochemische Aequivalent des Zinks ist, eine Wahrheit, die jedoch mit meinen Versuchen in keinem direkten Zusammenhange steht. Denn unter electrochemischem Aequivalent eines Stoffes kann man nur eine Quantität desselben verstehen, welche durch den Strom von der Stärke 1 in

der Zeit 1 durch primäre Action aufgelöst, oder aus einer Verbindung ausgeschieden wird; bei meinen Versuchen aber war die aufgelöste Zinkmenge das Produkt einer secundären Action.

Mittlere Stromstärke	Zeitdauer in Sekunden	Menge des aufgelösten Zinkes in Milligrammen
30,014	300	298,2
49,863	300	505,2

Electrochemisches Aequivalent des Zinks	Abweichung vom Mittel
0,03312	+ 0,00025
0,03377	— 0,00025

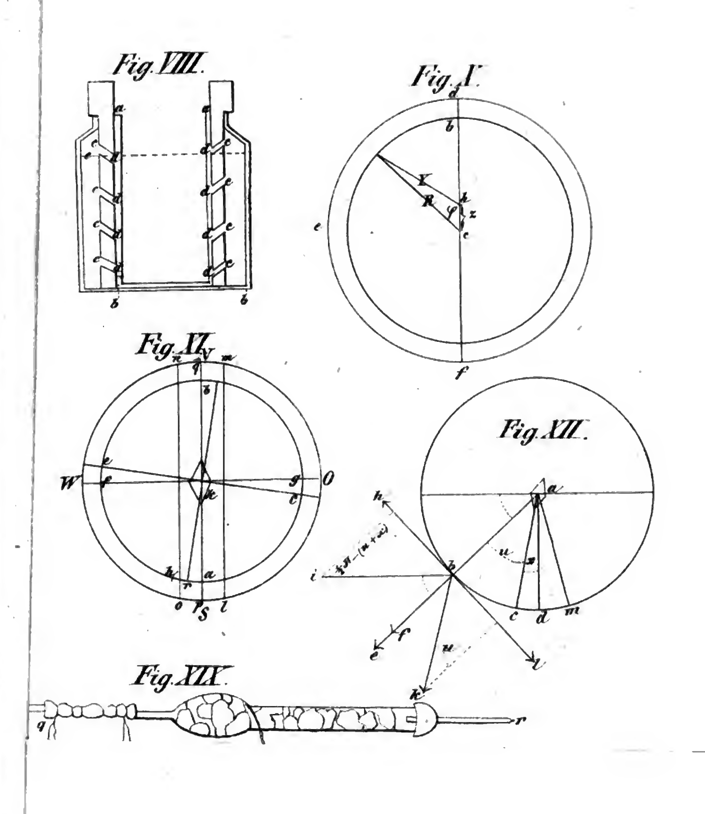
Mittel {gefunden = 0,033445
berechnet = 0,033662 *)

Die Quantität Kupfer, welche ein Strom von der Stärke 1 in der Zeit 1 aus einer Kupfervitriollösung ausscheidet, muss ebenfalls unter allen Verhältnissen dieselbe sein, und zu dem gefundenen electrochemischen Aepuivalent des Wassers im Verhältniss der chemischen Aequivalente stehen. Es hat mir aber nicht gelingen

---

*) Hr. Dr. Joh. Müller vermuthet in seiner deutschen Bearbeitung von Pouillet's Lehrbuch der Physik, Bd. I. p. 586. richtig, dass der Grund der Abweichung des ihm vom Hr. Prof. Bunsen mitgetheilten Zinkäquivalents von dem nach Webers Wasseräquivalent berechneten in der ungenauen Bestimmung von T, dem terrestrischen magnetischen Moment für Marburg läge. Der von ihm mitgetheilten Zahl = 0,03269 war die Grösse von T, wie sie nach den Karten von Gauss = 1,88 für Marburg im Allgemeinen geschätzt werden musste, und wie sie sich auch aus direkten Bestimmungen ergeben hat, (vide Anmerkung zu pag. 25) zum Grunde gelegt worden. In dem eisenhaltigen Zimmer, worin ich meine Versuche anstellte, musste T aber eine andere Grösse haben. Diese hat sich, wie oben gezeigt worden, = 1,83 gefunden.

wollen, die Richtigkeit der oben aufgestellten Zahl durch Vergleichung mit einem auf diese Weise ausgeschiedenen Kupferquantum zu beweisen, da ich keinen so schwachen, an der Tangentenboussole noch mit einiger Sicherheit messbaren Strom erzeugen konnte der einen einigermassen gleichmässigen Absatz von metallischem Kupfer auf einem als Kathode benutzten Streifen Kupferblech bewirkt hätte. Bei den hierher gehörigen Versuchen setzte sich das Kupfer immer in einer losen, wolligen Aggregation ab, welche ein Abspülen und Trocknen des Kupferblechs ohne Verlust unmöglich machte.


Fig. VIII.
Fig. X.
Fig. XI.
Fig. XII.
Fig. XIX.
W
O
N
S



